



⑬ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

⑧ **EP 0 367 077 B 1**

⑩ **DE 689 28 896 T 2**

⑤ **Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 03 L 7/18  
H 04 B 1/04**

⑲ Deutsches Aktenzeichen: 689 28 896.4  
② Europäisches Aktenzeichen: 89 119 766.7  
③ Europäischer Anmeldetag: 24. 10. 89  
④ Erstveröffentlichung durch das EPA: 9. 5. 90  
⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 7. 1. 99  
⑥ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 16. 9. 99

③ Unionspriorität:  
261530 24. 10. 88 US

⑦ Patentinhaber:  
Motorola, Inc., Schaumburg, Ill., US

⑧ Vertreter:  
Pfeifer, L., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 65388  
Schlangenbad

⑨ Benannte Vertragsstaaten:  
AT, BE, CH, DE, ES, FR, GB, GR, IT, LI, NL, SE

⑫ Erfinder:  
Sandahl, Joel, Quincy Illinois 62301, US; O'Brien,  
Michael P., Rochester New York 14620, US;  
Donaher, Thomas P., Rochester New York 14625, US

⑭ Steuerungsanordnung für Frequenz, Phase und Modulation, insbesondere für Gleichwellenfunk-Übertragung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II 5 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 689 28 896 T 2

DE 689 28 896 T 2

24.03.99  
1

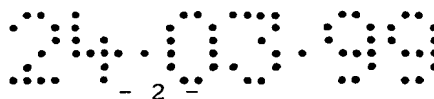
Steuerungsanordnung für Frequenz, Phase und  
Modulation, insbesondere für  
Gleichwellenübertragungssysteme

5

**Einleitung**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein System (Verfahren und  
Gerät) zur Steuerung der Frequenz und Phase eines Oszilla-  
tors, der verwendet werden kann, um einen Träger zu erzeugen,  
10 der für Datenübertragungszwecke moduliert werden kann; wobei  
das System ebenfalls angepaßt ist, die Modulation zu steuern.

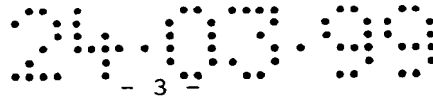
Das System ist besonders zur Verwendung in Gleichwellensyste-  
men zur Überwachung und automatischen Steuerung der Träger-  
frequenz von Gleichwellensendern geeignet und ebenfalls für  
15 die Modulationsanpassung der Sender (Gleichwellenabstimmung),  
wodurch die Signalverschlechterung vermindert wird, die  
aufgrund von Störungen in Zonen auftritt, in denen sich die  
Übertragungen von verschiedenen Sendern überlappen. Das  
20 System ist im allgemeinen bei Anwendungen nützlich, die  
genaue Zeit- und/oder Frequenzstandards benötigen. Deswegen  
kann das System zur Bereitstellung eines Zeit- oder Frequenz-  
standards verwendet werden, das sich auf ein anerkanntes  
25 absolutes Standard wie beispielsweise eine staatliche Über-  
tragung vom WWVB in den Vereinigten Staaten oder vom MSF in  
England bezieht, oder auf abgeleitete Bezugssignale, die auf  
Standards basieren, die innerhalb eines Anwendungssystems  
enthalten sind, wie beispielsweise Bezugsfrequenzoszillato-  
ren, die manchmal als kalibrierte Oszillatorsysteme bezeich-  
30 net werden (siehe zum Beispiel U.S.-Patent 4,525,685, am  
25. Juni 1985 an Robert J. Hesselberth, Thomas P. Donaher und  
Joel E. Sandahl erteilt).



## Hintergrund

Frequenz- und Phasensteuereinheiten wie beispielsweise kalibrierte Oszillatoren, wie im oben erwähnten U.S.-Patent beschrieben, und ebenfalls der kalibrierte Oszillator Statrum 2, der durch Spectracom Corporation, East Rochester, New York 14445 U.S. vertrieben wird, haben digitale Techniken zur Verriegelung eines Standardoszillators auf ein Bezugssignal verwendet und sogar zum Entfernen von Langzeitphasen- und Frequenzabweichungen mit einem hohen Präzisionsgrad. In derartigen Systemen ist die Bezugsfrequenzquelle über lange Zeitabschnitte zuverlässig (im wesentlichen nicht durch Rauschen und andere Fehler belastet) oder die Bezugsfrequenzquelle befindet sich nahe an der gesteuerten Standardquelle und gewährleistet ununterbrochene, im wesentlichen rausch- und fehlerfreie Bezugssignale. Die Bezugssignale sind ebenfalls auf hohen Frequenzen verfügbar zum Beispiel 10 MHz, so daß Frequenz- und Phasenfehler schnell erkannt werden, während das Bezugssignal überwacht wird.

Bei solchen Anwendungen wie Gleichwellen-Übertragungssystemen, wo eine genaue Frequenzsteuerung erforderlich ist, um Störungen in Zonen zu vermeiden, wo sich die Übertragungen von unterschiedlichen Sendern überlappen, und bei anderen Anwendungen, wo die Frequenz- und/oder Phasensteuerung des lokalen Standardsignals erforderlich ist, ist ein lokales Bezugssignal nicht verfügbar. Es ist erwünscht, daß das Signal zu Stellen übertragen wird, die sich entfernt von der Bezugsquelle befinden. Dies fügt jedoch Rauschen und andere Fehler hinzu, die verursachen, daß die Phase des Bezugssignals schwankt (Jitter) und daß das Bezugssignal amplitudenmäßig variiert. Es könnte ebenfalls sein, daß es keine separate Verbindung für Bezugssignale gibt, über die die Bezugsfrequenz hochfrequent übertragen werden kann. Es ist

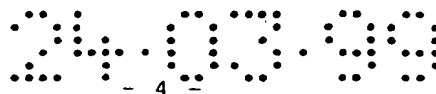


erwünscht, die Bezugsfrequenz in die Bandbreite der anderen Signale, die zur Übertragung ausgetauscht werden, zu legen. Bei Gleichwellen-Übertragungen belegen diese Signale die Sprachbandbreite (300 bis 3000 Hz). Das Problem verstärkt  
5 sich bei der Gleichwellen-Übertragung, weil dem Kundenverkehr (Funkrufen in Funkruf-Gleichwellensystemen) vor der Kalibrierung der Sender auf die genauen Trägerfrequenzen, die für die angemessene Systemleistungsfähigkeit erforderlich sind, der Vorzug gegeben werden muß. Es ist also erwünscht, daß die  
10 Frequenzkalibrierung ausgeführt wird, indem Informationen verwendet werden, die nur intermittierend, vielleicht im Stundenabstand, verfügbar sind, und trotzdem die erforderliche genaue Frequenzsteuerung aller Sender aufrechterhalten wird.

15

In Gleichwellen-Übertragungssystemen wird die Frequenzsteuerung konventionell durch Techniker durchgeführt, die die entfernten Sendestellen besuchen und die Sender frequenzmäßig einstellen müssen. Die Einstellung der Modulationscharakteristiken der Sender (Verzögerung, Verstärkung und Frequenzspektrum) ist ebenfalls manuell an den Sendestellen durchgeführt worden. Wenn die Modulationscharakteristiken des Senders nicht eingestellt sind, treten Störungen besonders in Zonen auf, wo sich die Übertragungen überlappen. Es ist wünschenswert, daß eine solche Einstellung automatisch durchgeführt wird, nach einem regulären Plan oder zu Zeiten, wenn der Verkehr, der durch das System ausgeführt wird, gering ist.  
25

Weitere Informationen, die den Stand der Technik betreffen, können in US-A-4.316,152 gefunden werden, das einen Modulo-n-Zähler offenbart, der die Schwingungen eines Oszillators mit variabler Frequenz zählt, dessen Mittelfrequenz gleich dem n-Fachen der Nominalfrequenz der digitalen Daten ist, die Phasenveränderungen besitzen. Das Auftreten eines ausgewählten  
30 Werts des Zählers kann als ein phasenkorrigierter Takt für  
35

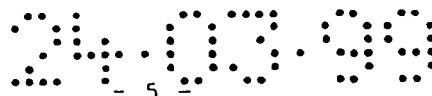


die digitalen Daten genommen werden. Unterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Werten im Zähler, wenn Impulse der digitalen Daten auftreten, zeigen Verschiebungen in deren Phase an, während die Modularität verhindert, daß fehlende Datenimpulse zum Phasenfehler beitragen. Aufeinanderfolgende Zählungen werden erfaßt, als Phasenfehlerinformation in digitaler Form verfügbar gemacht und verwendet, um einen Digital/Analog-Wandler anzusteuern, dessen Ausgang den Oszillator mit variabler Frequenz steuert.

10

### **Zusammenfassung der Erfindung**

Der Hauptgegenstand dieser Erfindung besteht darin, ein verbessertes System und ein Verfahren für die Kalibrierung einer Standardsignalquelle bezüglich Frequenz und/oder Phase auf ein angelegtes Bezugssignal bereitzustellen, das die folgenden Charakteristiken hat: das Bezugssignal und das Standardsignal können lokal sein oder auch voneinander und vom System, das die Kalibrierungseinstellungen bereitstellt, entfernt sein; das Bezugs- und/oder das Standardsignal können sich dynamisch verändernde Komponenten von Rauschen und anderen Fehlersignalen haben, die ihnen zugefügt wurden; das Bezugssignal kann über eine niederfrequente Verbindung (zum Beispiel Sprachbandbreite) übermittelt werden, wodurch ermöglicht wird, daß die Verbindung mit anderen Signalen, beispielsweise Steuerungssignaltönen für andere Einstellungszwecke (zum Beispiel bei den Modulationscharakteristiken), gemeinsam genutzt werden kann; die Qualität des Bezugssignals (zum Beispiel die spektrale Dichte der Rausch- und Fehlersignale) von der Zwischenverbindung kann durch den gleichen Vorgang gemessen werden wie durch den, der für die Kalibrierung der Standardsignalquelle bereitgestellt wird; die Bezugs- und/oder Standardsignale können intermittierend selbst über ausgedehnte Zeitabschnitte bereitgestellt werden;



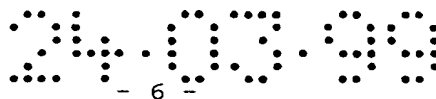
die Geschwindigkeit, mit der die Kalibrierung und die Einstellung des Standardsignals ausgeführt werden, ist veränderlich; selbst Langzeitschwankungen der Frequenz und/oder Phase (Standardsignalfehler der zweiten Ordnung  
5 aufgrund der Alterung von Baugruppen der Standardfrequenzquelle wie beispielsweise des Quarzes eines quarzgesteuerten Oszillators mit veränderlicher Frequenz, der als Standardquelle benutzt wird) werden bei der Einstellung berücksichtigt; die Genauigkeit der Frequenz- und/oder Phasensteuerung (zum Beispiel bis zu Bruchteilen einer Million und  
10 besser) kann wenn gewünscht auf hohe Pegel verbessert werden; das Standardsignal kann einen ausgewählten Frequenzversatz im Hinblick auf das Bezugssignal haben und bleibt mit dem Versatz frequenzverriegelt zum Bezugssignal.

15

Das System und das Verfahren in Übereinstimmung mit der Erfindung werden in den Ansprüchen 1 bzw. 22 definiert.

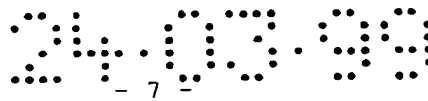
## 20 Prinzipien der Erfindung

Die Prinzipien der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die Fig.en 1 bis 6 der Zeichnungen besser verstanden, die Kurven zu deren Erläuterung darstellen. Fig. 1 ist eine grafische  
25 Darstellung der Phasenmessungen der Phasendifferenz gegenüber der Zeit für eine gegebene Frequenzdifferenz zwischen den Bezugs- und Standardsignalen. Diese Phasenmessungen können erzeugt werden, und werden in einem System, das eine bevorzugte Ausführung der Erfindung enthält, durch einen digitalen  
30 Zähler erzeugt, der durch ein Signal getastet wird, das die Phasendifferenz zwischen den Bezugs- und Standardsignalen darstellt. Wenn man berücksichtigt, daß das Bezugssignal benutzt wird, um das Phasendifferenztorsignal auszulösen, zeigen positive Anstiege an, daß die Frequenz des Standard-  
35 signals geringer als die des Bezugssignals ist. Umgekehrt



zeigt ein negativer Anstieg an, daß die Frequenz des Standardsignals höher als die des Bezugssignals ist. Der Betrag des Anstiegs ist ein direkter Ausdruck der skalaren Größe des Frequenzfehlers. Die grafische Darstellung der Fig. 1 ist dahingehend idealisiert, daß die Messungen nicht durch Rauschen verfälscht sind. In praktischen Anwendungen ist es, wie oben erläutert, für die Bezugs- und/oder Standardquelle erwünscht, entfernt angeordnet zu sein und über ein Medium (Verbindung) verbunden zu sein, das wesentliche Rauschkomponenten einfügen kann. Fig. 2 stellt typische Phasenmessungen gegenüber der Zeit dar, wobei Rauschen vorhanden ist. Während sich der wirkliche Frequenzfehler zwischen den Bezugs- und Standardsignalen nicht verändert hat, wird der „gemessene“ Frequenzfehler von dem tatsächlichen Zeitpunkt abhängig, an dem die Anfangs- und Endphasenmessungen vorgenommen werden. Dieses Prinzip wird in Fig. 3 genauer gezeigt.

In Fig. 3 ist die durchgehende gerade Linie der wirkliche Frequenzfehler. Die schwankende krumme Linie zeigt die tatsächlichen Phasenmessungen, die durch Rauschen beeinflusst werden. Die gestrichelte Linie zeigt den berechneten Frequenzfehler an, der auf den Anfangs- und Endphasenmessungen über eine Zeitdauer von hundert Sekunden basiert, die zur Erläuterung dargestellt wird. Die Ordinate der grafischen Darstellung in Fig. 3 stellt die Phasenmessung in Einheiten der Zählung dar und nimmt einen Phasenmessungstakt von 1 MHz an, wodurch die maximale Phasenmessung für einen Taktzyklus oder Übertrag ( $360^\circ$  Phasendifferenz) gleich 999 ist. In dieser idealisierten Darstellung gibt es einen festen Frequenzfehler und der Phasendetektor wird bei 1000 Hz betrieben (1000 Mikrosekunden ( $\mu s$ )). Der berechnete oder gemessene Frequenzfehler und der tatsächliche Frequenzfehler unterscheiden sich um mehr als den Faktor zwei zu eins. Da das Rauschen (die Fehler) linear hinzugefügt wird, nähert sich der Fehler des gemessenen Frequenzfehlers dem Nullfehler, wenn die Mess-



intervalle gegen unendlich gehen. Zum Beispiel könnte in Fig. 3 die Vergrößerung des Zeitabschnitts auf zweihundert Sekunden den Messfehler auf zehn Prozent vermindern. Die Unendlichkeit ist jedoch eine sehr lange Zeitspanne, die abzuwarten wäre, um den Frequenzfehler zu bestimmen, und es ist unmöglich, ein extrem langes Messintervall zu benutzen, um die Standardquelle zu kalibrieren. Die Verwendung von verlängerten Messintervallen ist ebenfalls unmöglich, da die Rauschleistung (die Quelle des Fehlers) nicht bekannt ist und sich während des Intervalls, in dem die Messung erfolgt, verändern kann.

In Übereinstimmung mit der Erfindung werden diese Probleme durch die schnelle Ausführung einer Reihe von (eine Vielzahl von aufeinanderfolgenden) Messungen und durch die Reduzierung dieser Messungen auf einen einzelnen qualifizierten Messwert, als wäre es eine einzelne Messung, bewältigt. Die Prinzipien werden in Fig. 4 erläutert, die ähnlich zu Fig. 3 ist, aber eine viel komprimiertere Zeitachse besitzt. Die Streuung der Messungen wird durch die Messrate und durch das Intervall, über dem sie erfolgen, beeinflusst. Der obere Frequenzgrenzwert der Streuung wird durch die Bandbreite des Bezugssignals und ebenfalls des Standardsignals festgelegt. Die Bandbreite des Standardsignals kann vernachlässigt werden, wenn sich der Standardoszillator nicht entfernt vom Steuerungssystem, das den Frequenzfehler bestimmt, befindet, so daß das Standardsignal nicht gefiltert wird. Dies ist in der bevorzugten Ausführung der Erfindung, die hierin nachfolgend beschrieben wird, der Fall. Das Bezugssignal wird gefiltert. Der obere Frequenzgrenzwert der Streuung wird dann durch die Bandbreite des Bandpassfilters festgelegt. Der untere Frequenzgrenzwert geht gegen Null, wenn sich die Rauschdichte auf dem Bezugssignal bei der Phasenerkennungsfrequenz über dem Intervall, während dem die Phasenmessungen durchgeführt werden, nähert. Dies ist ein unwahrscheinliches Ereignis, denn das



Rauschen würde dann auf einer einzigen Frequenz sein. Der untere Frequenzgrenzwert ist alternativ die Frequenz, bei der die gesamte Rauschleistung gegen Null geht (keine Störung). Der Betrag der Streuung nähert sich der maximalen Phasenmes-  
5 sung (dem maximalen Zählwert des Zählers, der durch das Phasendifferenzsignal getastet wird), wenn das Signal-Rausch-Verhältnis des Bezugssignals gegen Null geht oder die Rauschdichte bei der Phasenerkennungsfrequenz über dem Messintervall gegen Eins geht. Mit anderen Worten, die Bandbreite  
10 der Bandpassfilter bestimmt die Wechselrate im Rauschen, das die Messung so beeinflussen kann, daß die Messung amplitudenmäßig, jedoch niemals phasenmäßig, schwanken könnte, wenn die Bandbreite unendlich schmal wäre. Rauschkomponenten einer größeren Bandbreite werden übertragen, die faktisch die Phasendifferenzsignalschwankungen (Jitter) verursachen.  
15

In Fig. 3 wird eine Abtastrate von jedem zweiten Zyklus des Bezugssignals am Phasendetektor angenommen, deshalb werden in 0,1 Sekunden fünfzig Zyklen des Bezugssignals abgetastet. Es  
20 wird offensichtlich, daß in der bevorzugten Ausführung die Frequenz des Bezugssignals 2875 Hz beträgt und die Abtastung bei jedem zweiten Zyklus erfolgt oder ungefähr alle 700 Millisekunden (d.h. mit einer Abtastrate von 1400 Abtastungen pro Sekunde). Dies entspricht einem Zustand der Überabta-  
25 stung, denn in der bevorzugten Ausführung beträgt die Bandbreite der Filter ungefähr 140 Hz. Für einen minimalen Überfaltungsfehler (Alias-Effekt) ist es notwendig, mit einer Rate von zumindest dem Doppelten der Bandbreite (dem Nyquist-Wert) abzutasten. Es wird vorgezogen, mit einer Rate von  
30 zumindest dem Dreifachen der Bandbreite abzutasten. Dann ist die Abtastrate zumindest das Dreifache des oberen Frequenzgrenzwerts der Streuung.

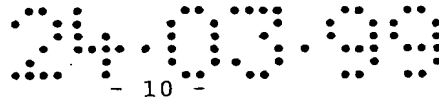
Das Abtastintervall sollte einen Bereich überspannen, der  
35 gleich der geringst möglichen Frequenzkomponente der Streuung

ist, die auf der Rauschumgebung basiert (die Rauschkomponente des Bezugssignals über das Bandpassfilter). Während die Abtastrate auf einer Rate eingestellt wird, die hoch genug ist, um die Begrenzung des Betrags der Streuung der Messungen zu garantieren, wird das Abtastintervall ausgewählt, um eine obere Fehlerbeschränkung des Mittelwerts der Streuung der Messungen zu setzen. Die Messungen können als eine Reihe von Abtastungen betrachtet werden. Deswegen sucht in einem möglichen System, das ein 2875 Hz Bezugssignal verwendet, die Abtastung über ein Intervall von 50 bis 100 ms die niedrigste Frequenzkomponente des Rauschens (der Jitterstörung) heraus, von der berechtigterweise erwartet wird, daß sie im Bezugssignal vorhanden ist.

Das genaue Intervall kann durch Beobachtung des Mittelwerts der Messungen experimentell bestimmt werden, wenn sich die Intervalle vergrößern. Wenn die Streuung des Mittelwerts über ein Messintervall stabil wird, sollte eine Abtastdauer dieses Intervalls ausreichend sein.

Bezugnehmend auf Fig. 4, wenn das Intervall halb so lang wie angezeigt wäre, würden die Mittelwerte (durchschnittlich über alle Abtastungen) viel höher sein, als für das in Fig. 4 angezeigte 100 Millisekunden-Messintervall dargestellt. Deswegen kann der Punkt, an dem die Mittelwerte aufhören sich zu verändern, wenn sich die Abtastdauer vergrößert, als das Kriterium zur Auswahl des Abtastintervalls verwendet werden. Auf diese Weise wird das Abtastintervall ausgewählt, um einen oberen Grenzwert des Fehlers des Mittelwerts für die Abtastreihe zu setzen.

Für jede aufgenommene Abtastreihe, die zu einer bestimmten Zeit über ein Abtastintervall aufgenommen wurde, werden die mittlere und die Standardabweichung und der Zeitpunkt, wann die Abtastungen vorgenommen wurden, abgeleitet. Die Werte der



mittleren und der Standardabweichung werden verwendet, um die Datenabtastungen als eine einzige Phasenmessung (ein Datenwert) darzustellen. Der Mittelwert wird als die tatsächliche Phasenmessung verwendet. Die Standardabweichung wird als ein  
5 Ausdruck der relativen Unsicherheit (potentieller Fehler) im Mittelwert verwendet. Dieser Fehler kann durch das Studium der Fig.en 5A und 5B verstanden werden.

Fig. 5A zeigt einen Fall, der für die Zwecke der Erläuterung  
10 idealisiert wurde, bei dem die Veränderung der gemessenen Phase sinusförmig ist. Der mittlere Fehler, wie in Fig. 5B gezeigt, resultiert aus der Mittelwertbildung von Abtastwerten über Intervalle, in denen das Integral des Rauschens nicht Null ist. Die Fig.en 5A und 5B zeigen, je größer die  
15 Anzahl der Rauschzyklen ist, desto geringer ist der mögliche mittlere Fehler. Dies erläutert die Wichtigkeit der unteren Frequenzbegrenzung des Rauschens. Für Gauss'sche Rauschquellen ist bekannt, daß es eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit (geringer als 0,3%) gibt, daß sich ein Abtastwert in der  
20 Reihe um mehr als drei Standardabweichungen vom Mittelwert unterscheidet. Deswegen liegen im schlimmsten Fall die gewichtigen Abtastungen innerhalb von sechs Standardabweichungen um den Mittelwert herum. Wenn das Intervall die niederfrequenten Komponenten der Streuung begrenzt, ist der  
25 mittlere Fehler wahrscheinlich geringer als 1,5 Standardabweichungen ( $V/2$  in Fig. 5B).

Es ist möglich, daß die Phasenmessungen, die bei einer Anfangszeit und zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt wurden, und die verwendet werden, um den Frequenzfehler zu  
30 berechnen ( $\Delta f$  nach  $\Delta t$  oder der Anstieg der relativen Phase gegenüber der Zeitkurve wie in Fig. 1 gezeigt), einen zeitlichen Abstand von mehr als einem Zyklus der Frequenzdifferenz oder  $360^\circ$  Phase haben. Dies wird als  
35 ein „Übertrag“ bezeichnet. Deswegen kann die Messung mit

einem oder mehreren Überträgen einen minimalen Frequenzfehler anzeigen, während sich Standard- und Bezugssignal frequenzmäßig um mehrere Zyklen unterscheiden können. Die Auswirkung des Übertrags wird in Fig. 6 erläutert, wo  $S_0$  der Zeitpunkt der Anfangsmessung ist und  $S_1$ ,  $S_2$  und  $S_3$  Messungen sind, die zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Dies kann wie dargestellt mit regelmäßigen Zeitintervallen erfolgen oder zu unterschiedlichen Zeitintervallen wie es wahrscheinlich der Fall ist, um dem Verkehr in einem Datenübertragungssystem Priorität zu verleihen wie beispielsweise in einem Gleichwellen-Funkrufsystem. Die tatsächlichen Messungen  $S_1$ ,  $S_2$  und  $S_3$  sind mit „a“ bezeichnet. Es kann sein, daß bei der Phasendifferenz zwischen dem Zeitpunkt  $S_0$  und den anderen Messungen einmal oder mehrmals ein Übertrag erfolgt ist. Die Wahrscheinlichkeit eines Übertrags ist höher, je weiter zeitlich entfernt die Messung erfolgt. Im erläuterten Fall sind bei  $S_2$  und  $S_3$  Überträge erfolgt. Bei  $S_3$  sind zwei Überträge erfolgt, während bei  $S_2$  ein Übertrag erfolgt ist. Das Prinzip, das Überträge in Betracht zieht, besteht darin, daß alle Messungen korreliert sind, wenn der Übertrag in Betracht gezogen wird. Sie können als korreliert betrachtet werden, wenn sie innerhalb eines bestimmten Vielfachen dieser Streuung (zum Beispiel der Standardabweichung) der Phase entlang der Anstiege liegen, die durch die Anfangsmessung und die letzte Messung ( $S_0$  und  $S_3$  in dem in Fig. 6 erläuterten Fall) definiert werden. Um einen vernünftigen Betrag der Signalschwankung (Jitter) zu erreichen, wird wie oben erläutert die Streuungsgrenze erreicht, indem ein Faktor von 1,5 oder 1,5 Standardabweichungen verwendet wird.

30

In dem in Fig. 6 erläuterten Fall ist offensichtlich, daß die Anfangsmessung den Anstieg b1 liefert. Die Punkte  $S_1$  und  $S_2$  sind jenseits von 1,5 Standardabweichungen von der Phase an  $S_1$  und  $S_2$  auf dem Anstieg b1. Es wird ein Übertrag bei der letzten Messung ( $S_3$ ) von einem Zyklus angenommen und die

35

Phase von  $S_3$  wird durch einen Übertrag angeglichen. Dann wird ein neuer Anstieg  $b_2$  angenommen. Für diesen Anstieg sind  $S_1$  und  $S_2$  links (zeitmäßig früher) vom Zeitpunkt des Übertrags, welcher der Zeitpunkt ist, wo der Anstieg  $b_2$  den Ein-Übertrag-Pegel schneidet. Dementsprechend ist bei den Messungen  $S_1$  und  $S_2$  kein Übertrag erfolgt.  $S_1$  und  $S_2$  sind jedoch weiter als 1,5 Standardabweichungen vom Anstieg  $b_2$  entfernt. Dementsprechend wird ein weiterer Übertrag bei  $S_3$  und ein neuer Anstieg  $b_3$  angenommen. Dieser Anstieg wird mit einem weiteren Übertrag zur  $S_3$ -Messung hinzugefügt. Nun ist die  $S_2$ -Messung weiter rechts (zeitlich später) als der Schnittpunkt mit dem Ein-Übertrag-Pegel. Es muß dann sein, daß bei  $S_2$  ebenfalls ein Übertrag um einen Zyklus erfolgt.  $S_2$  ist dann angeglichen. Nun wird offensichtlich sein, daß alle Messungen, wenn sie angeglichen sind, korrelieren und innerhalb von 1,5 Standardabweichungen des Anstiegs liegen. Der Frequenzfehler ist dann der Anstieg der Linie  $b_3$ .

In einem möglichen System, wie es hierin nachfolgend genauer erläutert wird, wird die Anzahl der Überträge, die untergebracht werden kann, auf die maximale Frequenzabweichung oder auf den Steuerungsbereich des Standardoszillators bezogen sein. Wenn dieser Bereich plus oder minus 10 Zyklen beträgt, können für die letzte Messung bis zu plus oder minus 10 Überträge nach Korrelation überprüft werden. Wenn keine Korrelation vorhanden ist, wird eine weitere Messung durchgeführt. Wenn man annimmt, daß nur vier Messungen benutzt werden, bestimmt eine der Messungen, die zeitlich am nächsten zu ihrer vorhergehenden Messung liegt (die kürzeste Zeit, oder  $S_1$  minus  $S_0$ ,  $S_2$  minus  $S_1$  oder  $S_3$  minus  $S_2$ ), ob  $S_1$ ,  $S_2$  oder  $S_3$  entfernt wird. Dann wird eine weitere Messung durchgeführt und wird als die letzte Messung für die Bestimmung des Anstiegs und des Frequenzfehlers benutzt. Die Messungen werden dann nach den Überträgen korreliert. Wenn trotz einer vorbestimmten Anzahl von Prüfungen keine Korrelation erzielt

wird, wird eine Warnanzeige an den Systemoperator bereitgestellt. Dementsprechend ermöglichen die Prinzipien des Betriebs des Systems die Verwendung von Messungen, die durch Rauschen oder andere Fehler gestört sind, oder die Messungen  
5 erfolgen nicht kontinuierlich, sondern intermittierend und zu unterschiedlichen Zeitpunkten.

Die Erfindung selbst sowie die voranstehenden und weitere Gegenstände und Vorteile daraus, werden durch die Fig.en 1  
10 bis 6 und durch die Fig.en 7 bis 12 offensichtlich. Die Fig.en 1 bis 6 wurden oben erläutert und diese Fig.en ebenfalls wie die Fig.en 7 bis 12 werden wie folgt kurz beschrieben.

15

#### **Beschreibung der Fig.en der Zeichnung**

Fig. 1 ist eine grafische Darstellung, die die relative Phase gegenüber der Zeit für eine feste Frequenzdifferenz zwischen einem Bezugssignal und einem Standardsignal unter rauschlosen Bedingungen zeigt;  
20

Fig. 2 ist eine grafische Darstellung ähnlich zu Fig. 1, wobei Rauschen vorhanden ist;

25

Fig. 3 ist eine grafische Darstellung, die die relative Phase gegenüber der Zeit für einen festen Frequenzfehler zeigt, wobei Rauschen vorhanden ist, und die erläutert, wie Rauschen die Frequenzfehlermessung verfälscht;  
30

Fig. 4 ist eine grafische Darstellung ähnlich zu Fig. 3, jedoch auf einem erweiterten Maßstab;

Fig. 5A und 5B sind idealisierte grafische Darstellungen, um die Veränderungen der Phase und der mittleren Phasendifferenz oder des Fehlers über eine Vielzahl von Zyklen der Phasendifferenz zu zeigen, um den Einfluß der Veränderung des Messintervalls darzustellen, während dem Phasenabtastungen durchgeführt werden;

Fig. 6 ist eine grafische Darstellung, die den Einfluß von Phasenüberträgen auf die Phasenmessung erläutert und die deren Einstellung durch Korrelation mit den Linienanstiegen ohne Übertrag, mit einem und zwei Zyklen Übertrag zeigt;

Fig. 7 ist ein Blockschaltbild, das ein Gleichwellen-Funkrufsystem erläutert, welches die Erfindung verwendet;

Fig. 8 ist ein Blockschaltbild, das die Sendersteuereinheit des in Fig. 1 gezeigten Systems erläutert;

Fig. 9 ist ein Blockschaltbild, das den in Fig. 8 gezeigten digitalen Phasendetektors erläutert;

Fig. 9A ist ein Zeitablaufdiagramm, das die Funktion des in Fig. 9 gezeigten Phasendetektors erläutert; und

Die Fig.en 10, 11A, 11B und 12 sind Ablaufdiagramme, die den Aufbau und das Format des Programms der zentralen Verarbeitungseinheit in den Sendersteuereinheiten des in den Fig.en 7 und 8 gezeigten Systems erläutern.

## Beschreibung der bevorzugten Ausführung

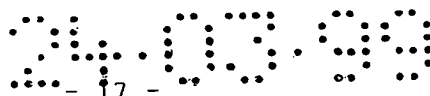
Bezugnehmend auf Fig. 7 wird ein Gleichwellen-Funkrufsystem gezeigt. Das System besitzt eine Steuerungsstation oder ein  
5 Steuerungsterminal 10. Ein Funkrufterminal 12 befindet sich bei der Steuerungsstation zusammen mit einer Systemsteuereinheit 14 und einem Überwachungsempfänger und Steuereinheit 16. Die Station gibt von der Systemsteuereinheit über einer Sprachbandbreite (300 bis 3000 Hz) ein Modulationssignal aus.  
10 Die übertragenen Signale können Sprache oder im Funkrufterminal 12 erzeugte Signaltöne sein. Das Signal kann ebenfalls ein digitales Signal sein, das durch eine Übertragung mit Frequenzverschiebungsschlüssel übertragen wird, die als Ton-FSK bezeichnet wird.

15

Das Gleichwellensystem kann eine große Anzahl von Sendern haben, von denen jeder ein unterschiedliches Gebiet überdeckt. Ein Funkrufsender 18 für das Gebiet 1 und ein weiterer Funkrufsender 20 für das Gebiet N sind dargestellt. Es kann  
20 Hunderte von derartigen Sendern geben, die jeweils ein unterschiedliches Gebiet oder Bereich überdecken, die sich überlappen, damit es vermieden wird, daß es irgendwelche Gebiete gibt, die keine Signale von der Steuerungsstation 10 empfangen. Es kann auch Funkrufsender in der unmittelbaren Umgebung  
25 der Steuerungsstation 10 geben. Diese sich in der Nähe befindlichen Sender können durch Kabel (nicht gezeigt) mit der Systemsteuereinheit 14 verbunden sein. Sender, die weiter entfernt sind, sind über Drahtleitungsverbindungen oder durch Funkverbindungen wie beispielsweise über Richtantennen ver-  
30 bunden. Diese Drahtleitungs- und Funkverbindungen sind herkömmlich und im Fall der Drahtleitungsverbindungen sind diese dargestellt, daß sie an den gegenüberliegenden Enden der Verbindung die Verstärker 22 und 24 haben. Die Funkverbindungen haben einen Verbindungssender 26 am abwärtsseitigen Verbin-  
35 dungsende und einen Verbindungsempfänger 28 am aufwärtsseiti-



- gen Verbindungsende. Die Signale über die Verbindungen werden verwendet, um die Funkrufsender zu modulieren. Die Signale werden in den Sendersteuereinheiten 30 und 32 verarbeitet. Für jeden Funkrufsender ist eine Steuereinheit vorgesehen.
- 5 Sie liefert die eigentlichen Modulationssignale an die Funkrufsender. Die Modulation kann FM-Modulation sein, wie das in Funkrufsystemen üblich ist. Andere Modulationsarten können verwendet werden.
- 10 Die Systemsteuereinheit 14 hat eine mikroprozessorgesteuerte zentrale Verarbeitungseinheit 34 (CPU<sub>sc</sub>). Die CPU<sub>sc</sub> reagiert auf einen Befehl vom Funkrufterminal 12, der anzeigt, das Funkrufsignale vorhanden sind. Sie steuert einen Schalter SW1, um das Funkrufterminal mit einer Summierungsschaltung 36
- 15 für die Übertragung der Sprachsignale oder Funkrufsignaltöne zu verbinden. Das Funkrufterminal kann ebenfalls digitale Signale erzeugen, die über eine Schnittstelle 38 geschaltet werden, die in Übereinstimmung mit einem Standardprotokoll arbeiten kann, um die digitalen Signale in einem Format anzubieten, das durch die an die Kunden gelieferten Funkruf-
- 20 empfänger verwendet wird. Diese digitalen Daten werden an ein Modem 40 angelegt, wenn die Schnittstelle durch die CPU<sub>sc</sub> freigegeben wird. Das Modem 40 überträgt die digitalen Daten als Ton-FSK-Signale und liefert sie an die Summierungsschaltung 36.
- 25
- Die CPU<sub>sc</sub> erzeugt ebenfalls Modulationsprüfworte, die an einen Codec (Kodierer-Dekodierer) 42 angelegt werden. Dieser Codec kann ein kommerziell verfügbarer Chip sein und wandelt
- 30 die Daten des Modulationsprüfworts in Signaltöne um. Die Signaltöne werden ebenfalls an die Summierungsschaltung 36 angelegt. Die CPU<sub>sc</sub> erzeugt ebenfalls Eingabedaten zur modulationscharakteristischen Anpassung und Einstellung (d.h. Verstärkung, Verzögerung und frequenzabhängige Steuerung)
- 35 oder zur Steuerung der verschiedenen Sender, um auf einer



- Trägerfrequenz zu senden, die auf der Standardträgerfrequenz liegt oder um eine vorbestimmte Anzahl von Zyklen (Hz) von der Standardträgerfrequenz versetzt ist. Diese Eingabedaten werden mit Adressbits an verschiedene Sender adressiert, um insbesondere deren Sendersteuereinheiten zu betreiben. Diese Eingabedaten werden an das Modem 40 angelegt und als digitale Ton-FSK-Daten über die Summierungsschaltung zu allen Funkrussendern übertragen.
- 10 Die Systemsteuereinheit 14 hat ebenfalls eine Bezugssignal-erzeugungsquelle. Diese Quelle kann ein Bezugssoszillator sein. Ein stabilisierter 10 MHz-Quarzoszillator (mit einem Quarzkristall in einem Thermostat) kann verwendet werden. Der Bezugssoszillator kann ebenfalls ein kalibrierter Oszillator  
15 sein, wie beispielsweise im oben bezogenen Patent, oder er kann ein kalibrierter Oszillator des Stratum-Typs sein, der von der Spectracom-Corporation verfügbar ist. Der Bezugssoszillator 44 liefert die Bezugsfrequenz auf 10 MHz, die nach der Digitalisierung in einem digitalen Teiler oder einer Zählerkette 46 geteilt wird. Wenn die CPU<sub>sc</sub> einen Schalter SW2  
20 schließt, wird der Steuerungssignalton im Sprachband an die Summierungsschaltung 36 angelegt. Der Steuerungssignalton (das Bezugssignal REF) ist erwünschterweise am oberen Ende des Bandes. Der 2,875 kHz Signalton ist geeignet. Er wird mit  
25 den anderen Signalen zu den Funkrussendern übertragen. Das Vorhandensein des 2,875 kHz Signaltons kann ein Signal sein, um alle Sender zum Senden freizugeben, das Gleichwellen-System in den Sendemodus oder in den Modus „Auf Sendung“ zu versetzen. Das Fehlen des 2,875 kHz Signaltons würde dann  
30 eine Sperrung des Senders bedeuten. Auf diese Weise kann das Bezugssignal zu zwei Zwecken dienen. Es kann jedoch erwünscht sein, für die Zwecke der Freigabe und Sperrung des Senders ein anderes Signal zu benutzen. Dann wird das 2,875 kHz Signal nur an den Zeitpunkten der Kalibrierung der Standard-  
35 frequenzquelle 48 in den Sendersteuereinheiten eingeschaltet.

Die Sendersteuereinheiten werden in Fig. 8 gezeigt. Sie enthalten einen Standardoszillator, der in dem erläuterten System ein spannungsgesteuerter 10 MHz Quarzoszillator (VCXO) ist. Die Steuerspannung zur Korrektur von Frequenzfehlern wird von einem Digital/Analog-Wandler (D/A) 50 bereitgestellt, der geeigneterweise ein 14 Bit D/A ist. Der Ausgang des Standardoszillators wird in Impulse digitalisiert und in einem Teiler 52 geteilt, um das 2,875 kHz Standardsignal zum Vergleich mit dem Bezugssignal in einem digitalen Phasendetektor 54 zu erzeugen. Der digitale Phasendetektor wird ebenfalls durch das Standardoszillatorsignal getaktet, das in einem Teiler 56 durch 2 geteilt wird. Der Takt ist deswegen ungefähr auf einer Rate von 700 Millisekunden. Der digitale Ausgang vom Phasendetektor 54 ist dann mit der Standardoszillatorfrequenz kohärent (synchronisiert). Die Standardoszillatorfrequenz wird ebenfalls als Trägereingang (Lokaloszillator oder LO-Eingang) in den Funkrufempfänger 18 verwendet, der mit der Sendersteuereinheit 30 verbunden ist.

Ein Mikroprozessor stellt eine zentrale Verarbeitungseinheit 58 in der Sendersteuereinheit bereit und wird als CPU<sub>tc</sub> bezeichnet.

Das Bezugssignal wird durch einen Bandpassfilter 60 herausgetrennt. Wie in der vorangegangenen Erläuterung der Grundprinzipien der Erfindung erwähnt, kann die Bandbreite dieses Filters ungefähr 140 Hz sein. Der Ausgang des Filters wird in einem Digitalisierer (A/D-Wandler) 62 digitalisiert, der ein Rechteckformer (Schmitt-Trigger) sein kann. Wenn das Bezugssignal vorhanden ist, ist der digitalisierte Ausgang vorhanden. Dieser Ausgang kann durch die CPU<sub>tc</sub> erkannt werden, die beim Fehlen des Bezugssignals gesperrt wird, eine Kalibrierungsmessung durchzuführen.

Das Bezugssignal wird in der Systemsteuereinheit 14 durch das Sperrfilter 64, das abgestimmt ist, um das 2,875 kHz Bezugssignal zu unterdrücken, vom Nachrichtenweg ausgeschlossen, der die Sprache, Signaltöne oder digitale Ton-FSK-Signale (Eingabedaten oder Steuerungssignaltöne vom Codec 42) überträgt. Unter bestimmten Umständen, wie beispielsweise der Einstellung der spektralen Charakteristiken, kann es erwünscht sein, das Sperrfilter zu umgehen. Dann wird in Reaktion auf einen Befehl von der CPU<sub>tc</sub> ein Schalter (SW) 66 geschlossen. Die Modulationsprüfworte (wie die Steuerungssignaltöne vom Codec 42) werden durch einen Codec 68 übertragen, der die Signaltöne und die Sprachfrequenzsignale in PCM-(impulscodemodulierte) Signale umwandelt, die dann in Signaltöne zurückdekodiert werden und an den Funkrufsender angelegt werden. Die Modulationscharakteristiken werden im Codec 68 eingestellt.

Der Codec 68 hat eine Startdekodierungssteuerung, eine Verstärkungssteuerung und eine Spektralsteuerung. Die Startdekodierung ist ein digitaler Befehl von der CPU<sub>tc</sub>, die eine digitale Verzögerung zwischen den Signaltönen am Eingang des CODEC 68 und den Signaltönen an dessen Ausgang gewährleistet. Die Verstärkungssteuerung erfolgt durch das digitale Wort von der CPU<sub>tc</sub>, die die PCM-Abtastungen steuert, um ihre Amplitude einzustellen, wiederum für Einstellungs- oder Anpassungszwecke. Die Spektralsteuerung ist ein Wort an ein digitales Filter im Codec, das das Spektrum der Signaltöne steuert. Die Daten für diese digitalen Worte werden in der CPU<sub>sc</sub> der Systemsteuereinheit 14 erzeugt. Diese digitalen Worte werden über das Modem 40 als digitale Ton-FSK-Daten übertragen, die an die verschiedenen Sendersteuereinheiten adressiert sind. Die digitalen Worte werden über einen Multiplexer-Schalter 72 (MX) zu einem Modem 70 in der Sendersteuereinheit 30 geschaltet. Sie werden in adressierte digitale Modulationssteuerungsdaten umgewandelt. Diese Daten werden in der CPU<sub>tc</sub>

24.03.99  
- 20 -

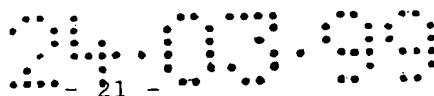
gesammelt und an den Codec 68 angelegt, um die Modulationscharakteristiken des vom Funkrufsender 18 übertragenen Funkrufsignale an die Modulationscharakteristiken der anderen N Funkrufsender im System anzupassen.

5

Um diese Modulationssteuerungsdaten zu erlangen, werden die Modulationsprüfworte, die durch die CPU<sub>sc</sub> 34 (Fig. 7) erzeugt wurden, benutzt. Diese Modulationsprüfworte, die durch den Codec 42 in Signaltöne übersetzt wurden, werden über den  
10 Codec 68 als Modulationssignale zum Funkrufsender 18 übertragen. Die Modulationssignale werden an den Überwachungsempfänger 16 zurückgeschickt. Wenn gewünscht können Adresssignale die Signaltöne des Modulationsprüfwortes begleiten, um den speziellen Funkrufsender zu bestimmen, der dann  
15 sendet. Die Prüfsignaltöne werden dann im Codec 42 der Systemsteuereinheit 14 digitalisiert und in einer Tabelle im Speicher der CPU<sub>sc</sub> gespeichert. Dort werden sie korreliert und die notwendigen Eingabedaten für Verstärkung, Verzögerung und zur frequenzabhängigen Steuerung, die an spezielle Funk-  
20 rufsender adressiert sind, werden erzeugt und über den Ton-FSK-Kanal übertragen.

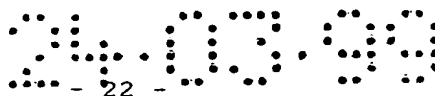
In der Sendersteuereinheit werden die Eingabedaten im Modem 70 in digitale Signale zurückübersetzt und an die CPU<sub>tc</sub> ange-  
25 legt, wo die Einstellungssignale der Modulationscharakteristik (Startdekodierung für eingegebene Verzögerung, Verstärkungssteuerung und Spektralsteuerung) erzeugt werden. Die Einstellung der Modulationscharakteristik kann kontinuierlich ausgeführt werden, wird jedoch vorzugsweise in stillen Zeit-  
30 abschnitten ausgeführt, wenn keine Funkrufsignale übertragen werden.

Es ist verständlich, daß der Multiplexer 72 und das Modem 70 ebenfalls verwendet werden, wenn digitale Funkrufsignale  
35 erzeugt werden. Da diese Signale nicht an die CPU<sub>tc</sub> adres-



siert sind, werden sie als digitale Funkruf-Ton-FSK-Signale übertragen, um den Funkrufsender zu modulieren.

Bezugnehmend auf die Fig.en 9 und 9A wird der Phasendetektor  
5 54 erläutert. Es wird anerkannt werden, daß jeder Phasen-  
detektor, der einen digitalen Ausgang bereitstellt, der eine  
Phasenmessung darstellt, verwendet werden kann. Der digitale  
Detektor enthält drei D-Flipflops und einen 16 Bit Binärzäh-  
ler. Der Zähler wird vor den Zeitpunkten der Phasenmessung  
10 zurückgesetzt. Diese Zurücksetzung erfolgt, wenn das Stan-  
dardsignal vom Oszillator 48 das FF1 taktet. Da das FF1 nur  
bei jedem zweiten Taktzyklus zurückgesetzt werden kann, wird  
bei jedem zweiten Taktzyklus der 2,875 kHz Standardfrequenz  
eine Unterbrechung an die CPU<sub>tc</sub> erzeugt. Diese Taktfolge  
15 (jeder zweite Taktzyklus) erscheint ebenfalls in der Signal-  
form (a) am Q-Ausgang des FF1. Die CPU<sub>tc</sub> wird den Zähler nach  
einer Verzögerung zurücksetzen, um zu sichern, daß das digi-  
tale Wort im 16-Bit Zähler zur CPU<sub>tc</sub> übertragen worden ist.  
Mit anderen Worten, der Zähler wird durch die CPU<sub>tc</sub> nach  
20 jedem Lesen des Zählers gelöscht. Bei jedem zweiten Zyklus  
der Standardfrequenz wird das Tor (Signalform d) geöffnet und  
der Zähler wird zum Zählen freigegeben. Der Zähler zählt  
Taktimpulse auf der 5 MHz Rate. Wenn die Bezugsfrequenz nach  
Hoch schaltet, schaltet der Q-Ausgang des FF2 nach Hoch. Dies  
25 verursacht, daß das FF4 beim nächsten Taktimpuls gesetzt  
wird, nachdem FF2 gesetzt worden ist, wenn der Q-Ausgang  
(Signalform b) nach Hoch schaltet. Nach einer Taktperiode  
schaltet der negierte Q-Ausgang des FF4 nach Tief, was einen  
Rücksetzimpuls erzeugt, der FF3 und FF2 zurücksetzt, wodurch  
30 das Tor geschlossen wird. Die Taktperiode des Tors bestimmt  
die Phasenmessung in Form von dem im Zähler gespeicherten  
Zählerstand. Wie oben erläutert wird der Zähler vor der näch-  
sten Phasenmessung durch die CPU<sub>tc</sub> gelöscht.



Durch die Verwendung der im Zähler gespeicherten Zählerstände werden die Frequenzfehlersignale in der CPU<sub>tc</sub> erzeugt. Diese digitalen Frequenzfehlersignale werden durch den D/A 50 in Signale zur Steuerung der Frequenz des Standardoszillators übersetzt. Das Frequenzsteuerungssignal kann eingestellt sein, um einen programmierbaren Frequenzversatz für den speziellen Trägereingang (LO) zu gewährleisten. Wenn wie in anderen Anwendungen als Funkruf der Frequenzversatz nicht benutzt wird und Phasenverriegelung gefordert wird, kann das Frequenzsteuerungssignal verwendet werden, um die Phase des Standardsignals in einer bestimmten Relation zum Bezugssignal zu verriegeln (zum Beispiel Gleichphase, Gleich-Quadraturphase, usw.).

Zunächst wird auf Fig. 10 Bezug genommen, damit das Programm für die CPU<sub>tc</sub>, das die Frequenzfehler-(FERROR) Steuerungssignale entwickelt, besser verstanden wird. Beim Einschalten wird ein nicht flüchtiger batteriebetriebener Sicherungsspeicher in der CPU<sub>tc</sub> durch das Lesen eines darin enthaltenen Schlüsselworts geprüft. Das Schlüsselwort ist eine Konstante, die einen gültigen nicht flüchtigen Speicher definiert. Wenn die Batteriesicherung verloren gegangen ist, wird der Schlüsselworttest fehlschlagen. Der nicht flüchtige Speicher ist durcheinander und der Schlüsselworttest zeigt den Ausgangszustand an, wenn die Sendersteuereinheit erstmals in Betrieb genommen wird. Im Ablaufdiagramm bedeutet „NV“ das Schlüsselwort zum Schutz des nicht flüchtigen Speichers. Wenn dieses Schlüsselwort nicht aus dem Speicher gelesen wird, dann wird hochgefahren, und ein Wort, das mit „NV-DA“ bezeichnet wird, wird in den nicht flüchtigen Speicher eingespeichert, im mittleren Bereich des 14 Bit D/A, welcher der Dezimalzahl 8196 entspricht. So wird entweder die Vorzugszahl (8196) oder das Abbild der letzten D/A-Einstellung (der Hardware D/A 50) im D/A 50 eingestellt. Mit anderen Worten, der D/A wird auf

die Mitte seines Bereichs oder auf seine letzte Einstellung gesetzt. Danach wird ein Phasenmessvorgang ausgeführt.

Die Phasenmessung erfolgt als nächstes. Sie ist eine Unter-  
5 routine, die in den Fig.en 11A und 11B gezeigt wird, und die  
hierin nachfolgend erläutert wird. Sie berechnet im Grunde  
genommen den Fehler, indem die Prinzipien verwendet werden,  
die oben im Abschnitt Funktionsprinzipien dieser Spezifika-  
tion erläutert wurden. Die Messphasenunterroutine kehrt zu  
10 ERROR zurück.

Im nächsten Schritt des Programms wird ERROR verwendet, um  
die Hardware D/A 50 einzustellen. Zunächst wird der D/A-  
Schritt als das Verhältnis des D/A-Bereichs berechnet, das  
15 eine Konstante ist, die den gesamten einstellbaren Bereich  
des D/A 50 in Form des Frequenzsteuerungsteilers definiert  
(zum Beispiel sein gesamter Frequenzeinstellungsbereich, der  
im erläuterten Fall ein Millionstel oder  $1,0 \times 10^{-6}$  ist). Der  
Divisor ist die D/A-Größe, die der gesamte D/A-Auflösungsbe-  
20 reich von 14 Bits oder  $2^{14}$  ist. Dies zeigt an, welchen Wert  
ein Bit der D/A-Zahl hinsichtlich der Frequenzänderung hat.  
Dann wird die notwendige D/A-ADJ Einstellung berechnet, die  
die Anzahl ist, wie oft sich der D/A-Schritt in ERROR unter-  
teilt. Dies zeigt an, wieviele Schritte des D/A notwendig  
25 sind, um den Frequenzfehler (d.h. die Anzahl der Einheits-  
zählwerte des D/A, die geändert werden müssen) zu reduzieren.  
Diese Anzahl wird in den nicht flüchtigen Speicher und in den  
D/A als D/A-Einstellung eingegeben. Durch diese eingegebene  
Zahl gleicht die D/A-Ausgangsspannung den Frequenzfehler aus.

30 Wenn Phasenverriegelung gewünscht wird, die nicht verwendet  
wird, wenn wie in den meisten Gleichwellen-Funkrufsystemen  
ein Frequenzversatz benötigt wird, werden die folgenden  
Berechnungen durchgeführt. Zunächst wird die Zeit berechnet,  
35 die benötigt wird, um den zeitlich letzten (momentanen oder



nach Tabelle [3]) Phasenwert auf Null zu steuern. Mit anderen Worten wird die Zeitdauer berechnet, um bei einer vorgeschriebenen Frequenzfehlerrate den Phasenzähler auf eine gewünschte relative Phase zu steuern, die als der Phasenverriegelungszustand definiert wird. Nach der berechneten Zeitdauer wird der D/A auf eine Zahl gesetzt, die gleich dem momentanen Wert der D/A-Einstellung ist, welche „DA“ ist. Nach der berechneten Zeit wird die D/A-Einstellung so sein, daß die Phase des Standardfrequenzsignals die gleiche wie die Phase des Bezugssignals sein wird und diese darauf verriegelt sein wird. Andere Phasenbeziehungen als die Null-Phasendifferenz können durch die Einsetzung der Anzahl von Zählungen, die den verschiedenen Phasenbeziehungen entsprechen, verwendet werden. Nach der Phasenverriegelungseinstellung kehrt das System zurück, um freizugeben, daß eine weitere Phasenmessung durchgeführt wird, wenn durch ein Kalibrierungsfreigabesignal danach verlangt wird, und die D/A-Einstellung zur Phasenverriegelung wird wie oben für jede D/A-Einstellung wiederholt. Dieses Kalibrierungsfreigabesignal kann eines der Eingabedatenworte sein, das von der CPU<sub>sc</sub> zur CPU<sub>tc</sub> in die Systemsteuerungseinheiten übertragen wird. Der Zeitpunkt, wann eine Phasenmessung durchgeführt wird, kann ein fester Zeitpunkt sein, zum Beispiel alle 15 Minuten, oder eine Kalibrierung (Phasenmessung) kann auftreten, wenn das System verfügbar wird, zum Beispiel während einem ruhigen Zeitabschnitt, wenn es keinen Funkrufverkehr gibt.

Als nächstes wird die Messphasenunterroutine betrachtet, die in den Fig.en 11A und 11B gezeigt wird. In diesen Figuren ist NMEAS die Nummer der Messung. Es werden vier Messungen verwendet, eine Anfangsmessung, zwei Zwischenmessungen und eine Messung am Ende der Zeitdauer, wobei die Zeitdauer bei der Berechnung von FERROR verwendet wird (das Verhältnis von der Phasendifferenz zwischen der Anfangs- und der letzten Phasenmessung zur Zeitdauer zwischen diesen Messungen). NMEAS ist

die Anzahl der Eintragungen in eine Messwerttabelle, wo die Phasenmessungen gespeichert werden. Wenn NMEAS Null ist, ist das Lesen der Anfangsphase noch nicht durchgeführt worden. Wenn NMEAS Null ist, ist die Messwerttabelle leer.

5

Die Unterroutine des Phasenlesens wird in Fig. 12 gezeigt. Zuerst muß das Bezugssignal erkannt werden, bevor die Routine begonnen wird. Dann werden 100 Abtastungen bei der 1,438 kHz Rate gesammelt. Die Werte dieser Abtastungen werden transformiert oder normiert, um Phasenwerte zu erhalten, die in der Nähe des Null-Phasenzustands sind. Dies ist eine Phasendifferenz, die ungefähr einem Taktzyklus oder 347,8  $\mu$ s, der Periodendauer von 2,875 kHz, entspricht. Dies sind ungefähr 1739 Zählungen im 16-Bit Zähler des Phasendetektors 54. Dies ist der Zählerstand, der am Übertragungspunkt auftritt. Die Transformation oder Normierung wandelt diese großen Zahlen in negative Werte um. Zum Beispiel entsprechen 347,6 Mikrosekunden einer negativen Zahl (0-1); 347,4 Mikrosekunden einer noch größeren negativen Zahl (1-2), usw. Dies verhindert die Durchschnittsbildung (Bildung des Mittelwerts) von Abtastwerten, bei denen ein Übertrag erfolgt. Alternativ können die Werte am Übertragungspunkt um 180° verschoben werden. Nach der Transformierung wird der Mittelwert berechnet und ein Zahlenwert des Mittelwerts wird für die Phasenmessung bereitgestellt. Dann wird dieser Wert zurücktransformiert, um die Transformation durchzuführen, die gemacht wird, wenn die Werte der Abtastungen in der Nähe des Übertragungspunktes liegen. Indem der momentane Mittelwert für diese Phasenmessung verwendet wird, wird die Standardabweichung (SDEV) berechnet. Die übliche Formel für die Standardabweichung kann verwendet werden, d.h. die Standardabweichung ist die Quadratwurzel des folgenden: die Summe der Quadrate der Abweichung jeder Abtastung vom Mittelwert dividiert durch das Quadrat der Anzahl der Abtastungen minus Eins.

35

- Wenn beim anfänglichen Lesevorgang (NMEAS gleich 0) die gemessene Standardabweichung größer als 15 ist, wird dieser Lesevorgang außer acht gelassen und der anfängliche Lesevorgang wird zum nächsten Kalibrierungszeitpunkt durchgeführt.
- 5 Die Abtastungen können zum Beispiel durchgeführt werden, wenn das Bezugssignal extrem verrauscht ist. Dann ist es erwünscht zu warten, bis ein weniger verrauschter Lesevorgang durchgeführt wird, bevor er als anfänglicher Lesevorgang verwendet wird. Der anfängliche Lesevorgang wird während der Berechnung
- 10 von FERROR nicht verändert und er wird deshalb geprüft, um sicher zu sein, daß es ein geeigneter Lesevorgang ist.

- Dann wird die Tabelle der Lesevorgänge eingerichtet, jeweils mit einem Datensatz des momentanen Zeitpunkts des Lesevorgangs, des momentanen mittleren Phasenwerts und der momentanen Standardabweichung für diesen Lesevorgang. Hinsichtlich
- 15 der Ablaufdiagramme wird NMEAS erhöht, bis es gleich 4 ist, wodurch angezeigt wird, daß die Tabelle vier Lesevorgänge enthält. Nachdem die vier Lesevorgänge in der Tabelle sind,
- 20 werden die Tabellenwerte korreliert, wodurch eine weitere Tabelle, die „Zeitweilige Tabelle“ (Temporäre Tabelle) genannt wird, erzeugt wird. Der Korrelationsvorgang gleicht die Werte für den Übertrag wie oben erläutert an und die angeglichenen Werte der momentanen Phase für jeden Lesevorgang werden in der zeitweiligen Tabelle gespeichert. Nach der
- 25 Korrelation durch die Benutzung der Werte in der zeitweiligen Tabelle werden der Messfehler (MEAS-ERROR) und FERROR berechnet. Die Wahrscheinlichkeit ist geringer als 3%, daß sich ein Abtastwert im Datensatz vom Mittelwert um mehr als drei Standardabweichungen unterscheidet, wenn die Summe der Standardabweichungen für die anfängliche und letzte Phasenmessung
- 30 (Temp Table [0] und Temp Table [3]) verwendet wird. Wenn deshalb der Frequenzfehler, wie er aus den anfänglichen und letzten Phasenwerten berechnet wurde, und die Zeitspanne dazwischen größer als der Messfehler ist, der sich durch Mul-
- 35

tiplikation der Summe der Standardabweichungen für die anfänglichen und letzten Lesevorgänge mit 1,5 berechnet, dann ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Frequenzfehler unbestimmt ist, sehr gering. Dann wird der Frequenzfehler zurückgesetzt  
5 und die Berechnung von DA-ADJ wird, wie in Verbindung mit Fig. 10 gezeigt wurde, ausgeführt.

Die Korrelation wird ausgeführt, indem abwechselnde Annahmen von positiven und negativen Phasenzählerüberträgen verwendet  
10 werden (d.h. 0 Übertrag, 1 Übertrag, -1 Übertrag, 2 Überträge, -2 Überträge, usw.), bis sowohl die positiven als auch die negativen Übertragannahmen einen angezeigten Frequenzfehler erzielen, der größer als der maximale Frequenzfehler ist oder Korrelation wird erreicht. Der angezeigte Frequenzfehler  
15 ist der absolute Wert des Frequenzfehlers, der durch die Endpunkteingaben (den Anfangs- und den Endeintrag in der Tabelle) und die Zeitdauer zwischen ihnen definiert wird. Korrelation tritt auf, wenn die dazwischenliegenden Phasemessungen auf dem Anstieg des angezeigten Frequenzfehlers  
20 plus oder minus 1,5 Standardabweichungen für ihren zugehörigen Wert auf dem Anstieg liegen. Die Korrelation ist erfolgreich oder sie schlägt fehl.

Wenn die Korrelation erfolgreich ist, setzt sich das Programm  
25 wie in Fig. 11B gezeigt fort zur Berechnung des Messfehlers und des Frequenzfehlers. Wenn nicht erfolgreich, wird die Tabelle komprimiert und der Vorgang der komprimierten Tabelle wird ausgeführt. Die neue letzte Dauer (Tabelle [3]) wird vom Lesen der Phase zum nächsten Korrelationszeitpunkt abgeleitet.  
30 Der anfängliche Phasenlesevorgang wird niemals entfernt. Der Datensatz des zweiten, dritten oder letzten Lesevorgangs, der die kürzeste Zeitdifferenz zwischen sich und dem vorherigen Lesevorgang hat, wird entfernt. Die Zeitabschnitte zwischen dem ersten Lesevorgang und dem anfänglichen Lesevorgang,  
35 gang, zwischen dem zweiten Lesevorgang und dem ersten

Lesevorgang und zwischen dem dritten Lesevorgang und dem zweiten Lesevorgang werden verglichen. Der Lesevorgang mit der kleinsten Zeitdifferenz wird ermittelt und wird entfernt. So wird entweder der erste, zweite oder dritte Lesevorgang  
5 entfernt, wenn seine Zeitdifferenz zum vorherigen Lesevorgang die kleinste ist. Die resultierende Tabelle wird komprimiert, indem die vierte Position in der Tabelle für den neuen Lesevorgang geleert wird. Der Korrelationsvorgang wird dann wiederholt, indem der neue Wert für den letzten Lesevorgang  
10 benutzt wird. Das System besitzt Überwachungseinrichtungen, die nur eine vorbestimmte Anzahl von Iterationen des Vorgangs gestatten, bevor ein Warnzustand erzeugt wird.

Aus der voranstehenden Beschreibung wird offenkundig, daß ein  
15 verbessertes System zur Frequenz-, Phasen- und Modulationssteuerung bereitgestellt worden ist, das in Gleichwellen-Übertragungssystemen besonders nützlich ist. Andere Anwendungen werden dort gefunden werden, wo Frequenz- und Phasensteuerung benötigt werden, besonders dort, wo Bezugssignale verrauscht sind oder nur intermittierend verfügbar  
20 sind. Das System gestattet ebenfalls, wie in Fig. 11B gezeigt, daß durch die Veränderung des ERROR um einen Betrag Frequenzversätze eingefügt werden, damit der Versatz um eine Anzahl von Taktzyklen (Hz) wie gefordert gewährleistet wird.  
25 Variationen und Modifikationen in dem hierin beschriebenen System, innerhalb des Bereichs der Ansprüche, werden sich zweifellos Fachmännern anbieten. Dementsprechend sollte die voranstehende Beschreibung als Veranschaulichung und nicht in einem begrenzenden Sinn getroffen werden.

30

## Patentansprüche

1. System der Ableitung einer Messung des Frequenzfehlers zwischen einem Standardsignal und einem Bezugssignal, das durch Rauschen und andere Fehlersignale gestört sein kann, wobei das System umfaßt:
- Mittel zur Sammlung einer Vielzahl von Abtastungsphasenmessungen der Phasendifferenz zwischen diesem Bezugs- und Standardsignal mit einer vorbestimmten Rate während eines Anfangsintervalls von vorbestimmter Dauer und zu einer Vielzahl von anderen Intervallen, die jeweils zeitlich später auftreten;
  - Mittel zur Erzeugung einer Tabelle für jede dieser Messungen, die ihren mittleren Wert enthält, ihre statistische Ableitung und den Zeitpunkt ihres Auftretens;
  - Mittel zur Einstellung der mittleren Phasenwerte in der Tabelle mit Ausnahme des mittleren Phasenwerts für das Anfangsintervall, bis die Werte innerhalb eines vorbestimmten Vielfachen ihrer Standardabweichung von einer Linie zwischen den letzten und anfänglichen Phasenwerten dieser mittleren Phasenwerte liegen, wobei die Linie einen angezeigten Frequenzfehler darstellt, wodurch ein Korrelationszustand angezeigt wird;
  - Mittel zur Ausgabe dieses angezeigten Frequenzfehlers als diesen Frequenzfehler, wenn dieser angezeigte Frequenzfehler kleiner als ein vorbestimmtes Vielfaches der Summe der Standardabweichungen der anfänglichen und letzten dieser Standardabweichungswerte in dieser Tabelle ist.

2. System nach Anspruch 1, weiter umfassend:

- Mittel zur Herstellung einer Vielzahl dieser Phasenmessungen über ein Intervall, das zu allen diesen Zeitpunkten auftritt;
- 5     • Mittel zur Ableitung des Mittelwerts dieser Phasenmessungen während dieser Intervalle von dieser Vielzahl von Messungen über diese Intervalle und der Varianzen dieser Messungen von diesem Mittelwert, und
- 10    • Mittel zur Freigabe dieser Zuführungsmittel, wenn diese Varianzen innerhalb bestimmter Grenzwerte sind.

3. System nach Anspruch 2, das Mittel enthält zur Ableitung dieser Grenzwerte aus den Standardabweichungen dieser Varianzen dieser Messungen von diesen Mittelwerten zu  
15    diesen Zeitpunkten, die durch diese Zeitdauer getrennt sind.

4. System nach Anspruch 2, wobei diese Grenzwerte der Messfehler dieser Phasenmessungen zu diesen Zeitpunkten sind,  
20    der gleich einem vorbestimmten Vielfachen der Summe der Standardabweichungen dieser Varianzen zu diesen Zeitpunkten ist, welche durch diese Zeitdauer getrennt sind.

5. System nach Anspruch 2, wobei diese Mittel zur Herstellung dieser Vielzahl von Phasenmessungen bei einer Rate  
25    betrieben werden können, die ein Vielfaches der Bandbreite dieses Bezugssignals ist und wobei dieses Intervall eine Dauer hat, in der das Integral des Rauschens in diesem Bezugssignal nicht Null ist.

30

6. System nach Anspruch 3, wobei die Dauer dieses Intervalls zumindest gleich der Periodendauer der niedrigsten Frequenzkomponente des Signaljitters in diesen Phasenmessungen ist.

35

7. System nach Anspruch 6, wobei diese Rate ungefähr jeden zweiten Taktzyklus dieses Bezugssignals beträgt und dieses Intervall ungefähr 50 bis 100 Millisekunden (ms) ist.
- 5 8. System nach Anspruch 1, wobei diese Vielzahl von Zeitpunkten zumindest 3 beträgt, wobei einer von denen ein dazwischenliegender Zeitpunkt mit dieser Zeitdauer ist und wobei Korrelationsbestimmungsmittel zur Bestimmung dienen, ob die Phasenmessung zu diesem dazwischenliegenden  
10 Zeitpunkt mit den Phasenmessungen zu dem Zeitpunkt, der sich um diese Zeitdauer unterscheidet, korreliert.
9. System nach Anspruch 8, wobei diese Korrelationsbestimmungsmittel Mittel umfassen, reagierend auf die Zeitdauer  
15 zwischen der Phase zu diesem dazwischenliegenden Zeitpunkt entlang des Anstiegs, der durch diese Phasenmessungen zu dem Zeitpunkt, der sich um diese Zeitdauer unterscheidet, und durch die Phasenmessung zu diesem dazwischenliegenden Zeitpunkt definiert wird.
- 20 10. System nach Anspruch 9, wobei diese Phasenmessungsbereitstellungsmittel umfassen:
- Mittel zur Herstellung einer Vielzahl dieser Messungen während eines vorbestimmten Intervalls zu jedem  
25 dieser Zeitpunkte;
  - Mittel zur Ableitung dieser Phasenmessungen zu jedem dieser Zeitpunkte als den Mittelwert dieser Vielzahl von Messungen und zur Ableitung einer vorbestimmten statistischen Abweichung dieser Vielzahl dieser Messungen von diesem Mittelwert als diese Abweichung.  
30
11. System nach Anspruch 10, wobei diese vorbestimmte Abweichung die Standardabweichung ist.



12. System nach Anspruch 9, wobei diese Mittel zur Bestimmung, ob diese Phasenmessung zu diesem dazwischenliegenden Zeitpunkt korreliert, Mittel zur Bestimmung enthalten, ob diese Abweichung dieser dazwischenliegenden  
5 Messung ein vorbestimmtes Vielfaches dieser vorbestimmten statistischen Abweichung ist.
13. System nach Anspruch 12, wobei diese Phasenmessungsbereitstellungsmittel weiter Mittel enthalten zur Herstellung  
10 einer weiteren Phasenmessung zu einem späteren Zeitpunkt als das Ende dieser Zeitdauer und die Erweiterung dieser Zeitdauer bis zu dem Zeitpunkt dieser zeitlich späteren Messung, wenn diese Korrelationsbestimmungsmittel das Fehlen der Korrelation bestimmen.
- 15 14. System nach Anspruch 13, wobei diese Korrelationsbestimmungsmittel Mittel enthalten, die zur Bestimmung der Korrelation auf diese weitere Phasenmessung und die eine dieser dazwischenliegenden Phasenmessungen wirken und auf  
20 die eine dieser dazwischenliegenden Phasenmessungen und die Phasenmessung am Ende dieser Zeitdauer, welche die kleinere Zeitdifferenz zwischen sich und ihrer vorhergehenden Phasenmessung hat.
- 25 15. System nach Anspruch 14, wobei diese Phasenmessungsmittel Mittel enthalten zur Bereitstellung eines Paares dieser dazwischenliegenden Phasenmessungen, die untereinander einen zeitlichen Abstand haben.
- 30 16. System nach Anspruch 1, weiter Mittel umfassend, die für diese Phasenmessungen zur Angleichung dieser Messung am Ende dieser Zeitdauer verantwortlich sind, um einen oder mehrere Überträge bei diesen Messungen unterzubringen, wo diese Phasendifferenz einen Taktzyklus oder ein  
35 Mehrfaches davon überschreitet.

17. System nach Anspruch 16, wobei diese Phasenübertragunterbringungs-  
mittel umfassen:

- 5       • Mittel zur Herstellung zumindest einer Phasenmessung zu einem Zeitpunkt, der innerhalb dieser Zeitdauer liegt;
- 10       • Korrelationsmittel zur Korrelation dieser Phasenmessung mit der Phase entlang einer Linie, die einen Anstieg hat, der sich zwischen einem Anfangsanstieg dieser Phasenmessungen am Beginn dieser Zeitdauer und der Phasenmessung am Ende dieser Zeitdauer erstreckt; und
- 15       • Mittel für die Zunahme und Abnahme der Phasenmessung am Ende dieser Zeitdauer bis Korrelation vorhanden ist oder der Frequenzfehler den Einstellungsbereich dieser Standardquelle überschreitet.

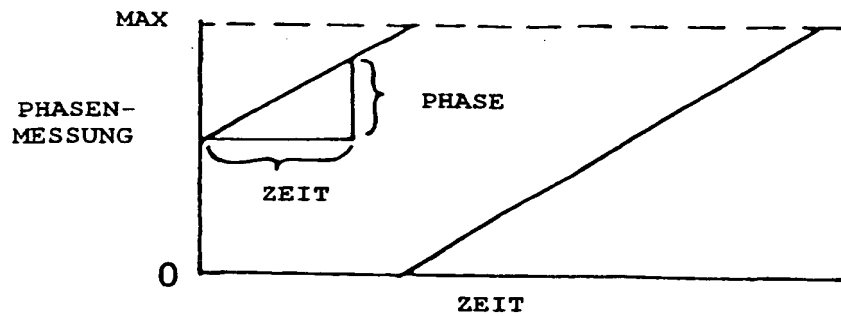
18. System nach Anspruch 17, wobei diese Phasenmessungsmittel umfassen:

- 20       • Mittel zur Herstellung einer Vielzahl dieser Messungen während eines vorbestimmten Intervalls zu jedem dieser Zeitpunkte;
- 25       • Mittel zur Ableitung dieser Phasenmessungen zu jedem dieser Zeitpunkte als den Mittelwert dieser Vielzahl von Messungen und zur Ableitung einer vorbestimmten statistischen Abweichung dieser Vielzahl von Messungen von diesem Mittelwert, wobei diese Korrelationsmittel Mittel enthalten zur Bestimmung des Vorhandenseins der Korrelation, wenn sich diese dazwischenliegende
- 30       Messung von der Phase entlang dieses Anstiegs zum Zeitpunkt dieser dazwischenliegenden Messung um ein vorbestimmtes Vielfaches dieser statistischen Abweichung unterscheidet.

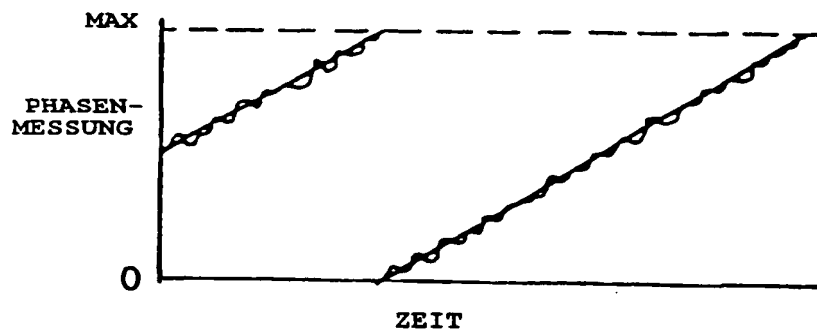
19. System nach Anspruch 17, wobei diese Phaseneinstellungs-  
mittel ebenfalls Mittel enthalten zur Einstellung der  
Phase dieser dazwischenliegenden Messung um eine Phasen-  
differenz, die gleich einem oder mehreren Überträgen in  
5 der Phase ist, wenn es zu einem Zeitpunkt eintritt, wenn  
dieser Anstieg eine Phasendifferenz überschreitet, die  
größer als ein Taktzyklus ist.
20. System nach Anspruch 1, weiter Mittel umfassend zur Vari-  
10 ierung dieses Frequenzfehlersignals bis diese Phasenmes-  
sung am Ende dieser Zeitdauer eine vorbestimmte Phasen-  
messung erreicht, wodurch diese Standardsignalquelle und  
Bezugssignalquelle in einer Phasenbeziehung verriegelt  
werden, die dieser vorbestimmten Phasenmessung ent-  
15 spricht.
21. System nach Anspruch 1, weiter Mittel umfassend zur Ver-  
änderung dieses Frequenzfehlersignals um einen Betrag,  
der einem vorbestimmten Frequenzversatz entspricht,  
20 wodurch dieses Standardsignal auf einer Frequenz verrie-  
gelt wird, die sich von der Frequenz dieser Bezugssignal-  
quelle um diesen Versatz unterscheidet.
22. Verfahren der Ableitung einer Messung des Frequenzfehlers  
25 zwischen einem Standardsignal und einem Bezugssignal, das  
durch Rauschen und andere Fehlersignale gestört sein  
kann, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:
- Sammlung einer Vielzahl von Abtastungsphasenmessungen  
der Phasendifferenz zwischen diesem Bezugs- und  
Standardsignal mit einer vorbestimmten Rate während  
30 eines anfänglichen Intervalls von vorbestimmter Dauer  
und zu einer Vielzahl von anderen Intervallen, die  
jeweils zeitlich später auftreten;

- Erzeugung einer Tabelle für jede dieser Messungen, die ihren mittleren Wert, ihre statistische Abweichung und den Zeitpunkt ihres Auftretens enthält;
  - 5 • Einstellung der mittleren Phasenwerte in der Tabelle außer für den mittleren Phasenwert für das Anfangsintervall bis die Werte innerhalb eines vorbestimmten Vielfachen ihrer Standardabweichung von einer Linie zwischen den letzten und anfänglichen mittleren Phasenwerten von diesen mittleren Phasenwerten liegen,
    - 10 wobei die Linie einen angezeigten Frequenzfehler darstellt, wodurch ein Korrelationszustand angezeigt wird;
    - 15 • Ausgabe dieses angezeigten Frequenzfehlers als diesen Frequenzfehler, wenn dieser angezeigte Frequenzfehler kleiner ist als ein vorbestimmtes Vielfaches der Summe der Standardabweichungen der anfänglichen und letzten dieser Standardabweichungswerte in dieser Tabelle.
23. Verfahren nach Anspruch 22, weiter den Schritt des Entferns dieser Tabellenwerte für die eine dieser Messungen umfassend, die zeitlich am nächsten zu einer Phasemessung ist, die es fortführt, wenn dieser Korrelationszustand nicht erreicht wird trotz der Angleichung dieser mittleren Phasenwerte, außer für diesen
- 25 anfänglichen mittleren Phasenwert, um eine vorbestimmte Anzahl von Überträgen (entsprechend der Phasendifferenzen, die gleich einem Taktzyklus oder  $360^\circ$  Phasendifferenz sind), die den Einstellungsbereich dieses Standardsignals überschreitet, dann Ersetzen des letzten
- 30 Phasenwerts in dieser Tabelle durch einen mittleren Phasenwert für eine Vielzahl von Phasemessungen, die in einem zeitlich späteren Intervall erfolgen als die zuletzt erfolgten Phasemessungen dieses Intervalls.

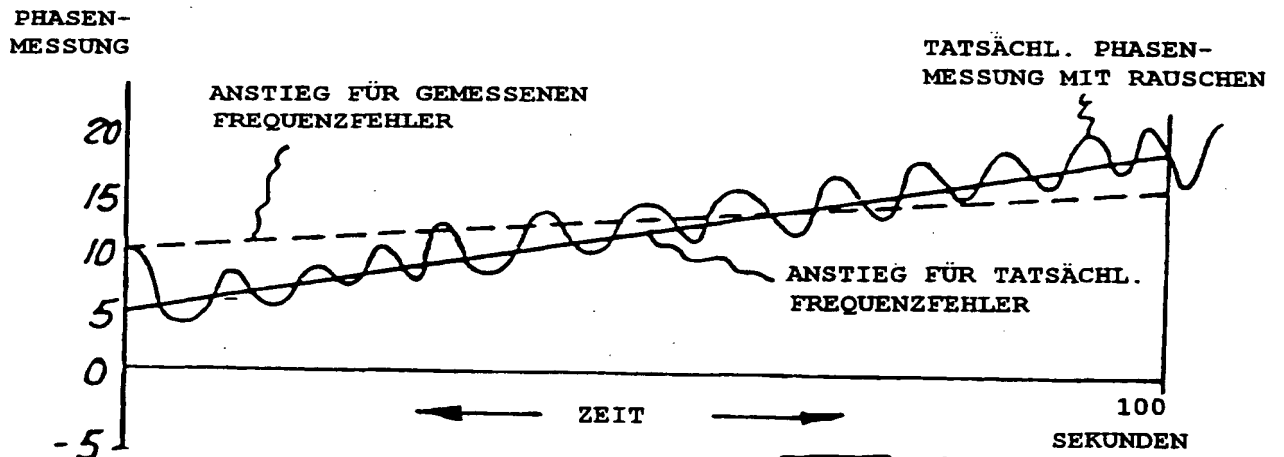
- 5 24. Verfahren nach Anspruch 22, weiter den Schritt der Speicherung von Werten in dieser Tabelle umfassend, als die Werte für dieses Anfangsintervall, nur wenn dessen Standardabweichung kleiner als eine vorbestimmte Standardabweichung ist, wodurch Messungen ausgeschlossen werden, die dieses Bezugssignal verwenden, wenn es zu sehr verfälscht ist, um Werte für dieses Anfangsintervall in dieser Tabelle zu liefern.



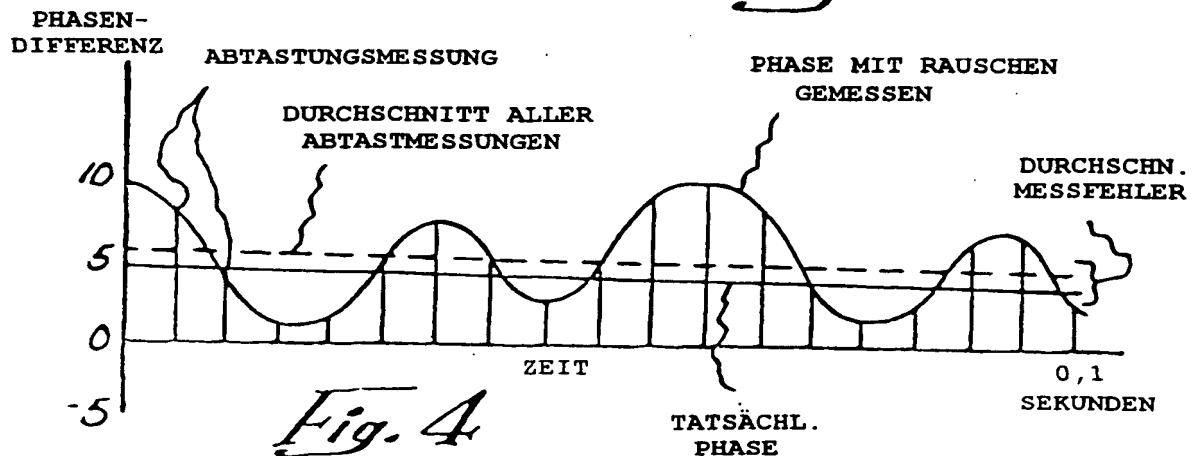
*Fig. 1*



*Fig. 2*



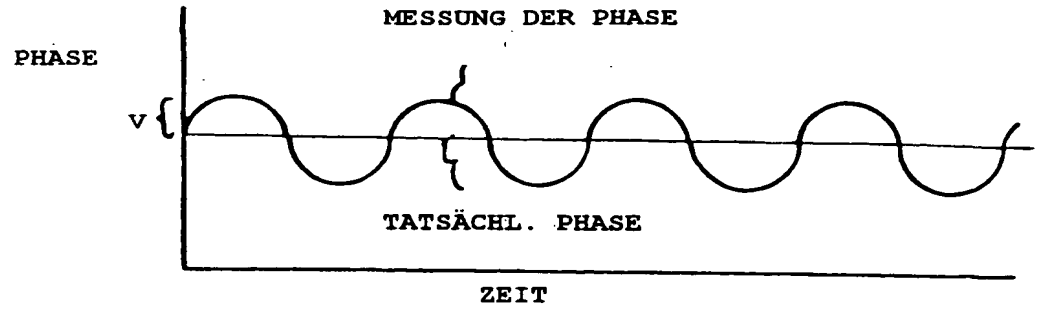
*Fig. 3*



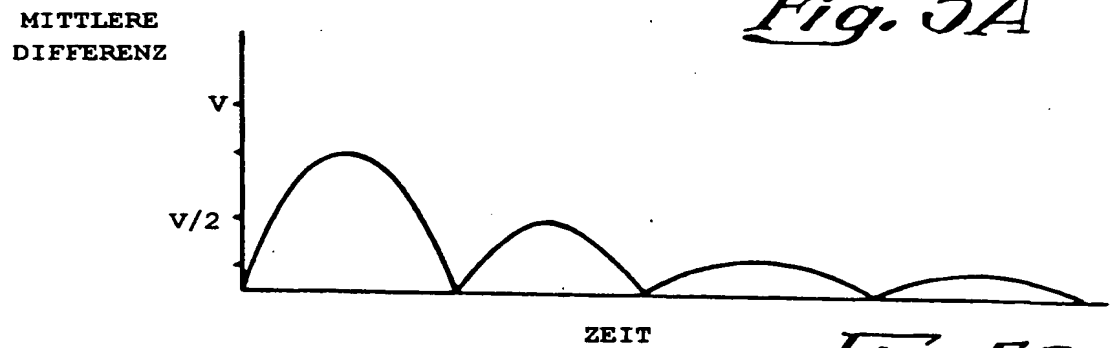
*Fig. 4*

24.03.99

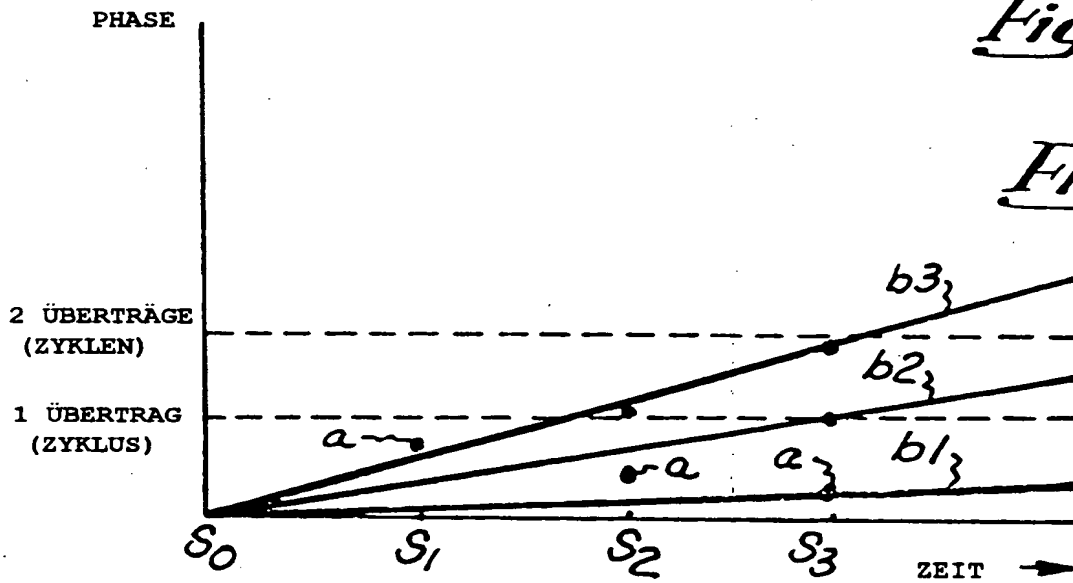
2/10



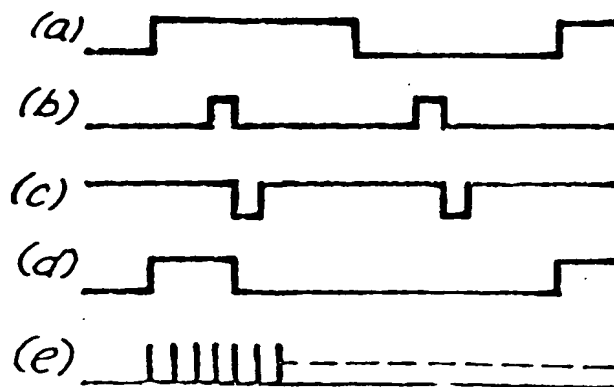
*Fig. 5A*



*Fig. 5B*



*Fig. 6*



*Fig. 9A*

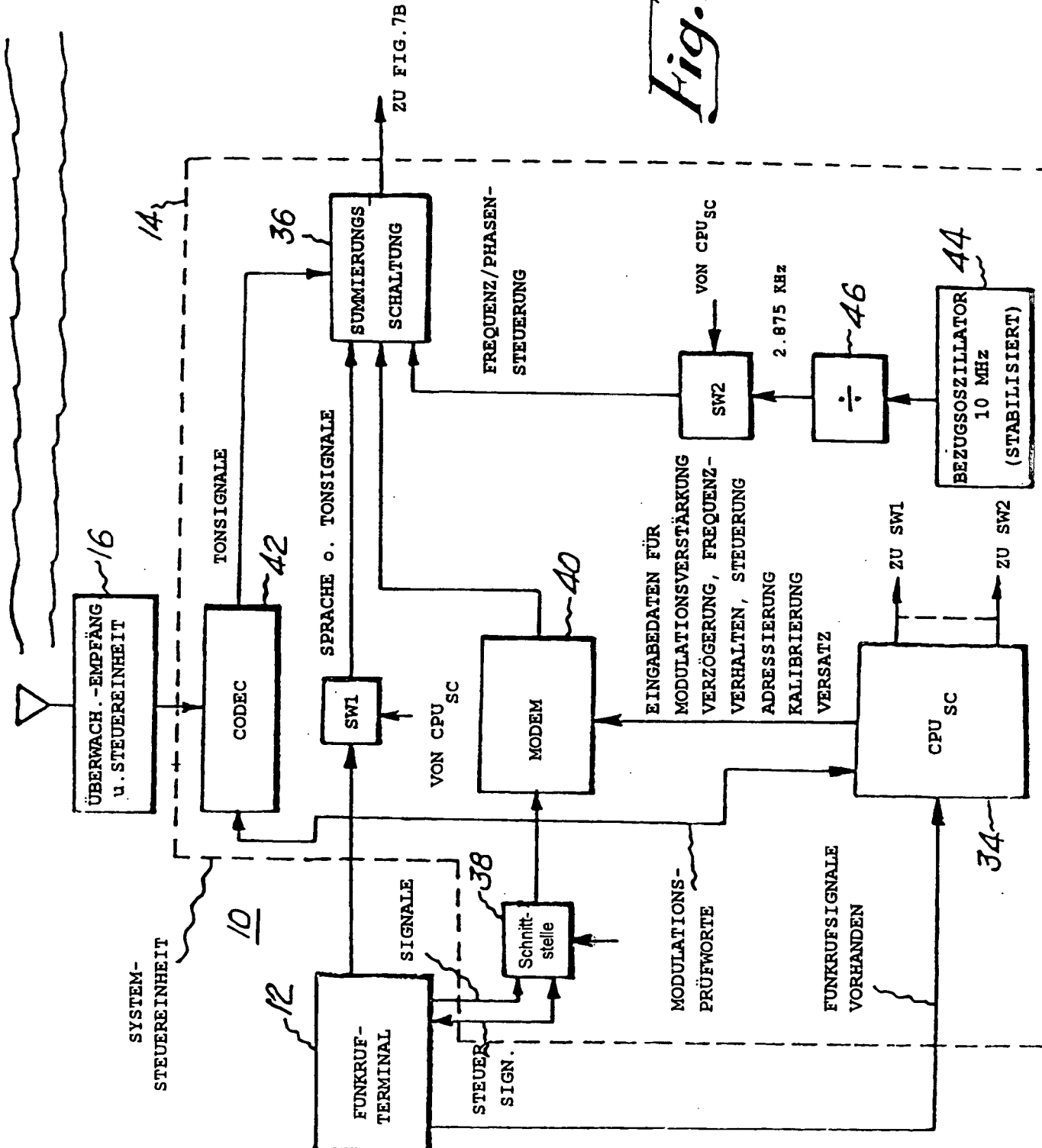


Fig. 7A

ZU FIG. 7B



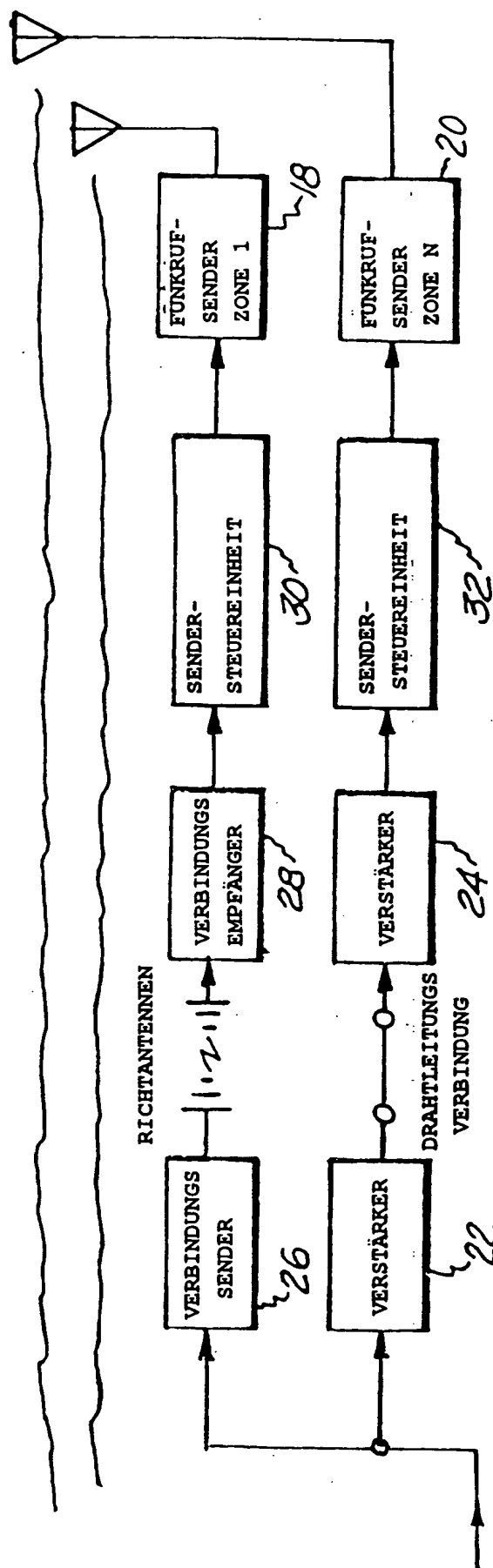
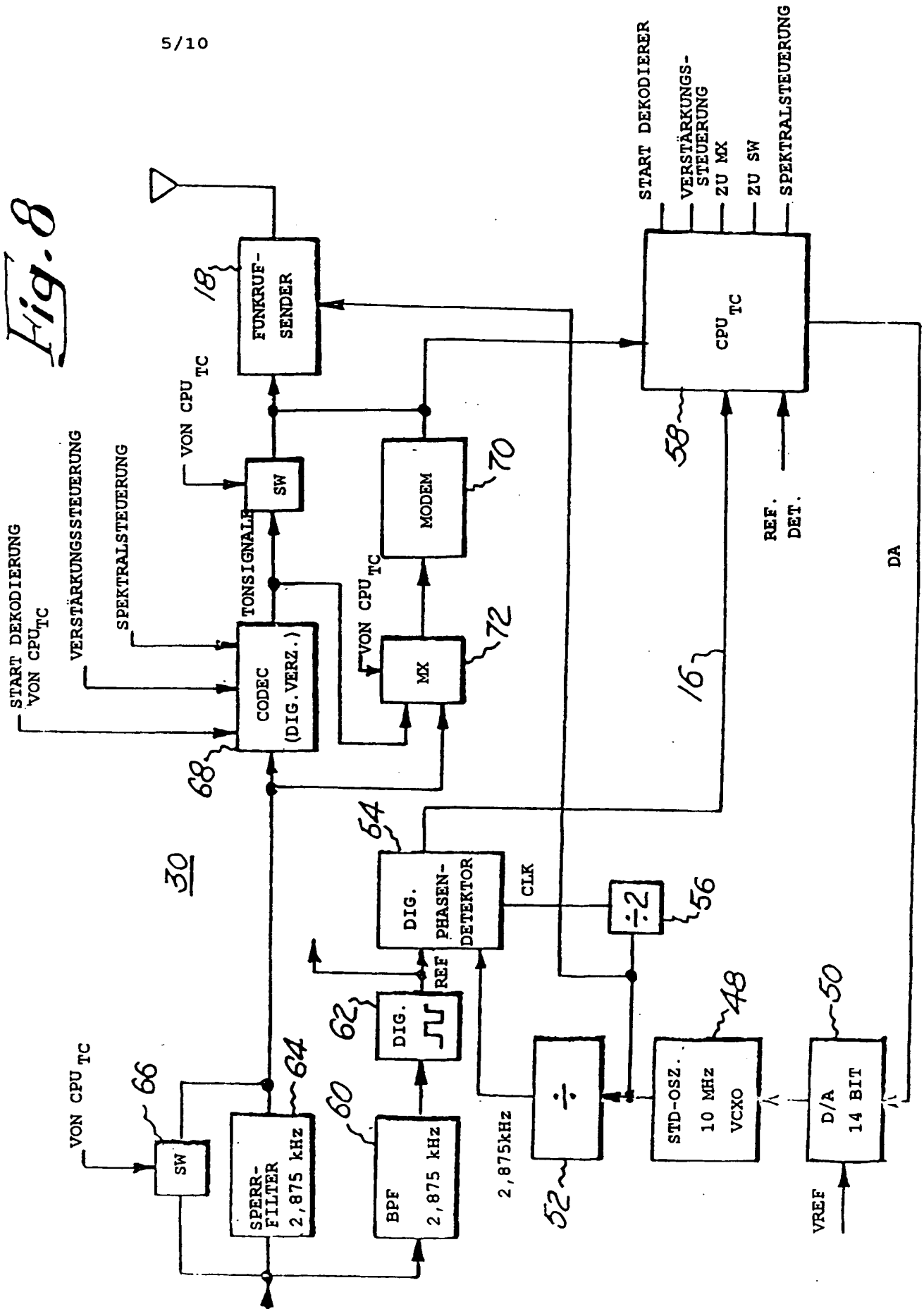


Fig. 7B

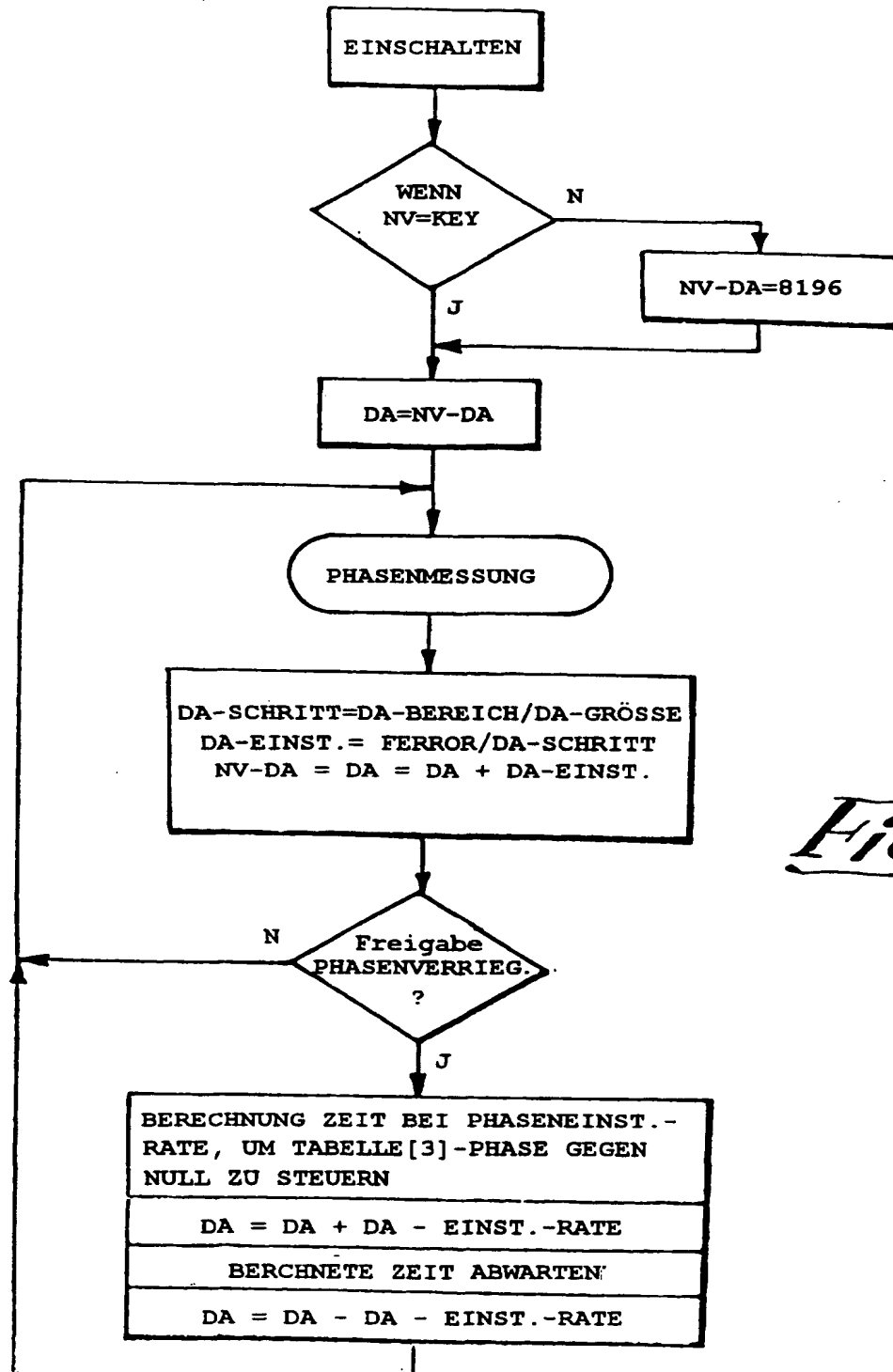
Fig. 8





24.03.99

7/10

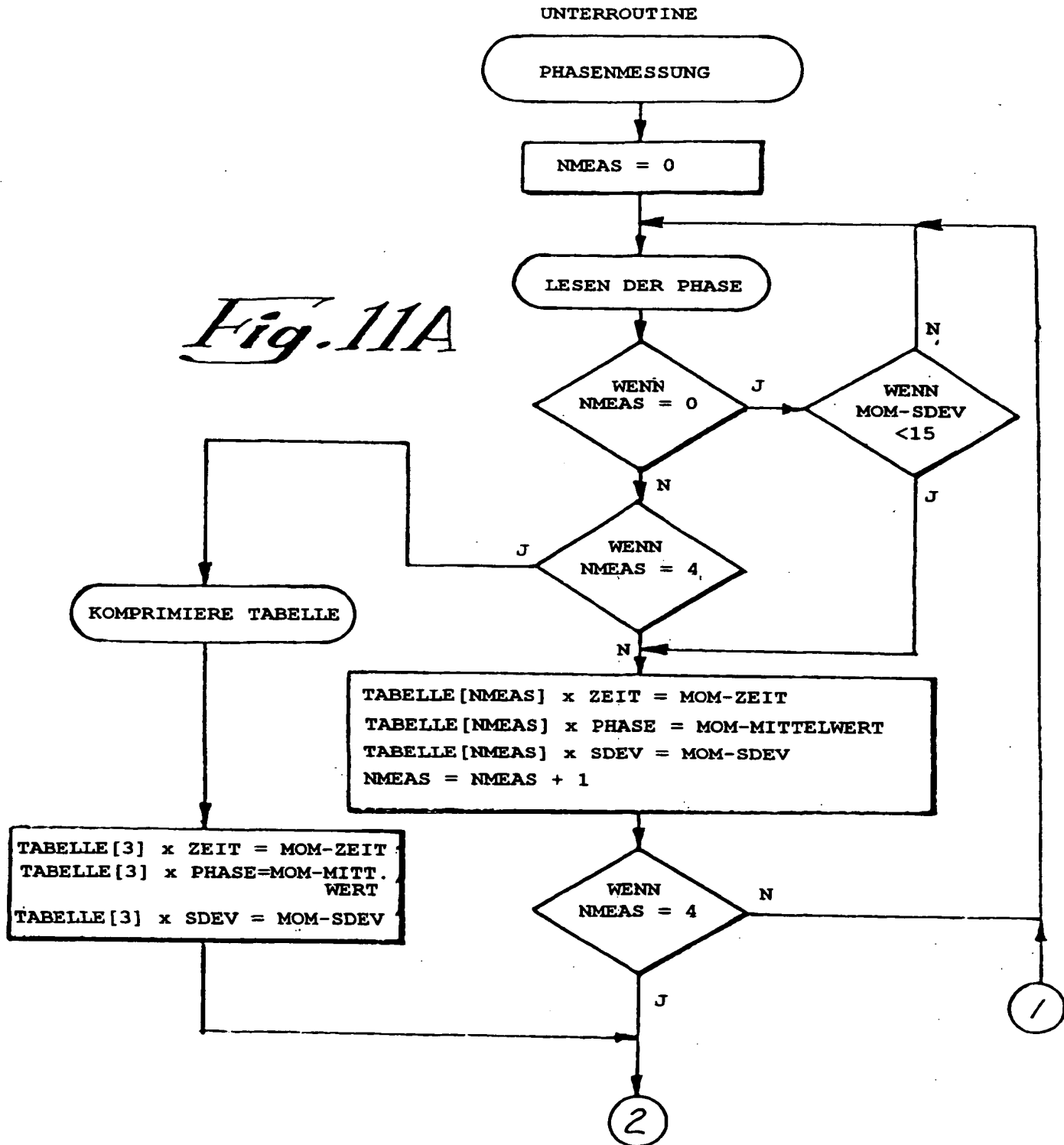


*Fig. 10*

24.03.99

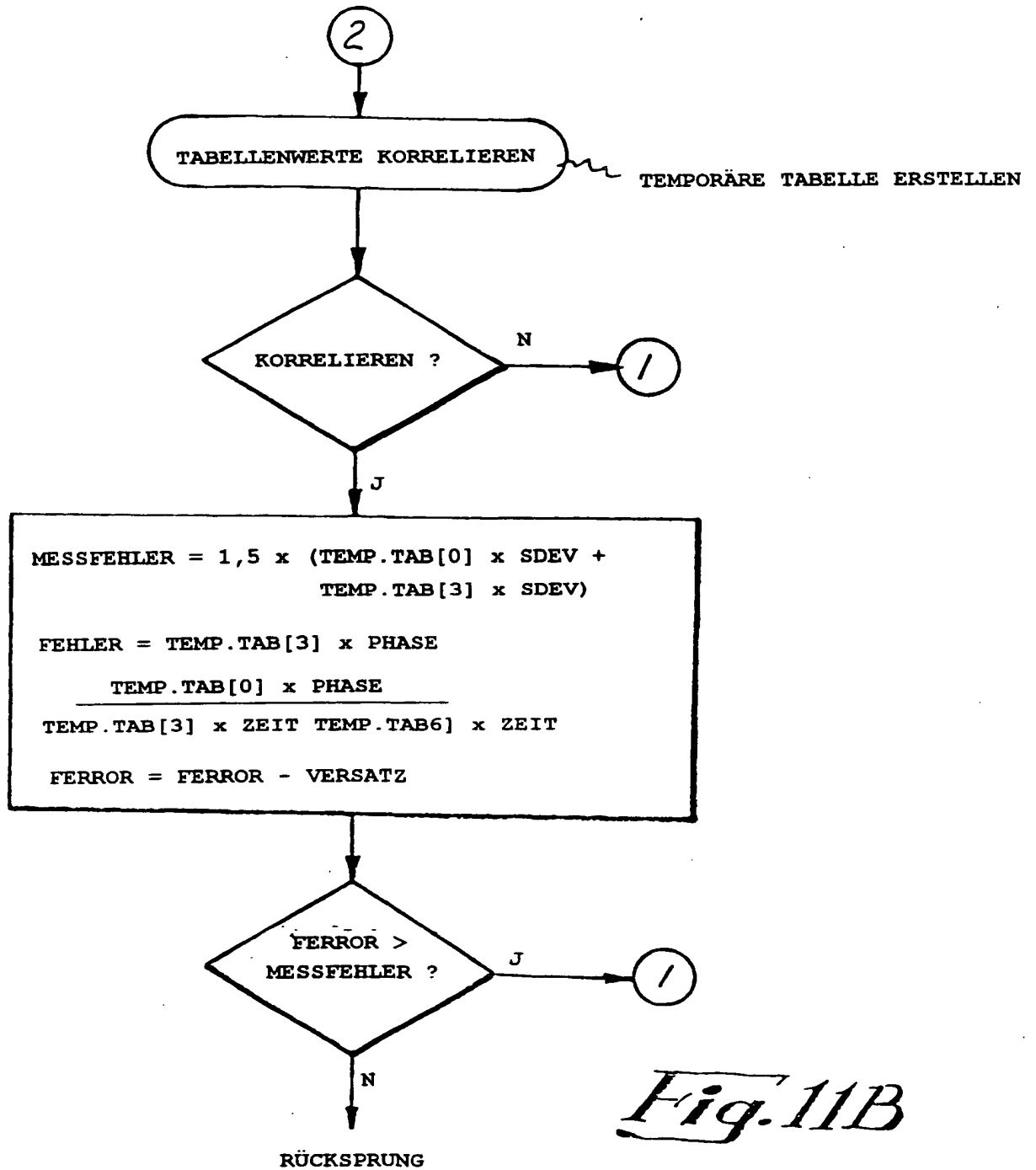
8/10

*Fig. 11A*



24.03.99

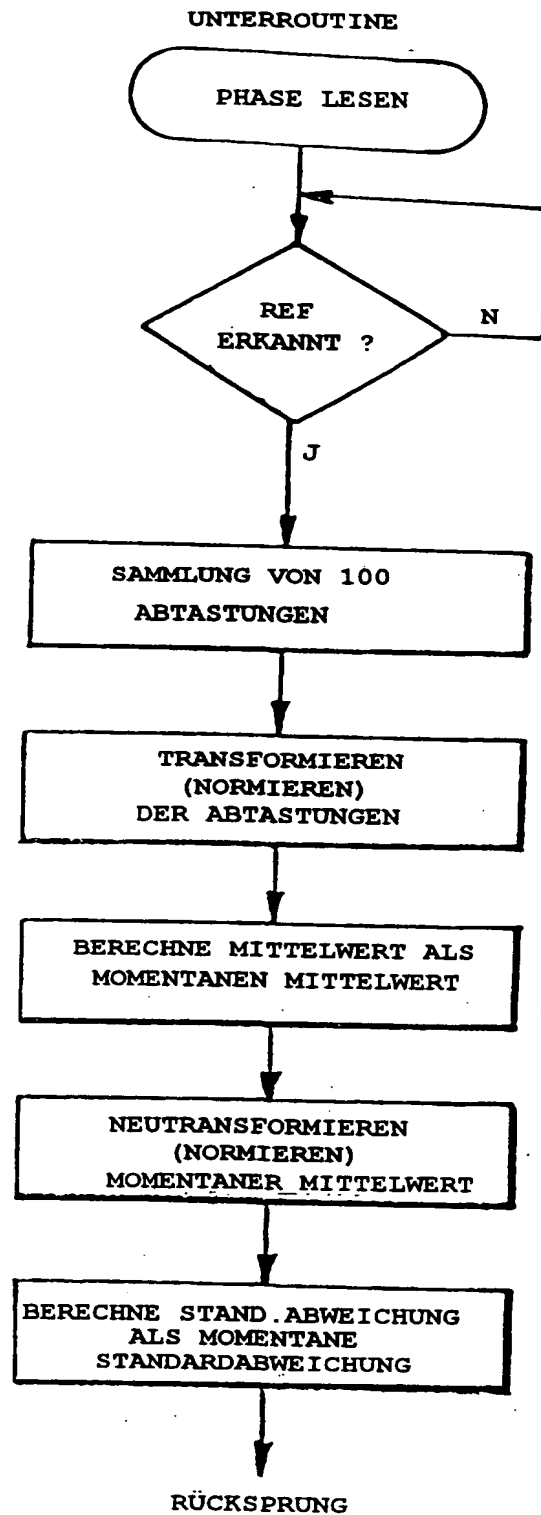
9/10



*Fig. 11B*

24.03.99

10/10



*Fig. 12*

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**